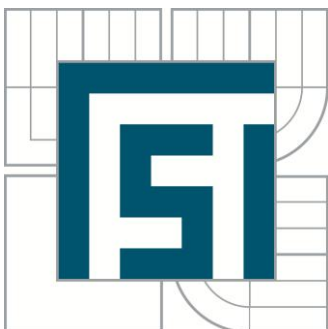


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF ENERGY

## MODERNÍ TRENDY VE VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

MODERN TRENDS OF HEATING OF FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

DANIEL SEDLÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. MARTIN LISÝ, PH.D

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Daniel Sedláček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

**Moderní trendy ve vytápění rodinného domu**

v anglickém jazyce:

**Modern Trends of Heating of Family House**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést rešerži a základní porovnání různých způsobů vytápění rodinných domů se zaměřením na nové, moderní technologie vytápění

Cíle bakalářské práce:

Provedení rešerže základních způsobů vytápění RD

Základní porovnání jednotlivých způsobů vytápění

Seznam odborné literatury:

Jandačka, J., Mikulík, M.: Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. TU Žilina 2007, ISBN 978-80-969595-4-9

Bašta J.: Regulace vytápění, ČVUT v Praze, 2007 ISBN - 978-80-01-02582-6

Brož, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5

Firemní a internetové zdroje

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Lisý, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 19.11.2013



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

Cílem mé bakalářské práce bylo shrnout informace o dnešních možnostech vytápění rodinných domů se zaměřením především na efektivní, ekologické a obnovitelné zdroje energie, vyzdvihnout výhody a nevýhody jednotlivých systémů a následně porovnat vybrané způsoby vytápění na modelovém domě.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vytápění, topné systémy, trendy, kotel, plyn, uhlí, tepelná čerpadla, solární systémy, biomasa.

## **ABSTRACT**

The aim of my thesis was to summarize information about the current possibilities of heating houses focused primarily on efficient, clean and renewable energy sources, highlighting the advantages and disadvantages of each system and then compare the selected methods of heating a model house.

## **KEYWORDS**

Heating systems, heating systems, trends, boiler, gas, coal, heat pumps, solar systems, biomass.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SEDLÁČEK, D. *Moderní trendy ve vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 50 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Martin Lisý, Ph.D.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martin Lisý, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 13. května 2014

.....

Daniel Sedláček

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat především svým rodičům, kteří mě výrazně podporují po celou dobu studia a poskytují mi skvělé zázemí. Dále pak vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Lisému, Ph.D. za jeho čas, ochotu a odborné rady při vypracování mé práce.

## OBSAH

1	Úvod .....	10
1.1	Nízkoenergetický dům .....	10
2	Možnosti vytápění rodinných domů .....	12
2.1	Plynové vytápění.....	13
2.1.1	Vhodná volba plynového kotle.....	13
2.1.2	Stacionární kotel .....	14
2.1.3	Závěsné plynové kotle .....	14
2.1.4	Kondenzační plynové kotle .....	15
2.2	Topný olej.....	16
2.2.1	Typy topných olejů: .....	16
2.2.2	Systém spalování topných olejů .....	17
2.2.3	Typy zařízení určených pro spalování topných olejů.....	17
2.3	Uhlí a koks .....	19
2.3.1	Kotle určené pro ústřední vytápění.....	19
2.3.2	Lokální topidla.....	20
2.4	Biomasa .....	21
2.4.1	Druhy biomasy vhodné pro vytápění rodinných domů .....	21
2.4.2	Zařízení na spalování biomasy .....	22
2.5	Elektřina.....	24
2.5.1	Typy vytápění za pomoci elektřiny .....	24
2.5.2	Lokální topidla přímotopná: .....	24
2.5.3	Lokální topidla akumulární .....	25
2.5.4	Ústřední elektrické vytápění.....	26
2.6	Tepelná čerpadla .....	27
2.6.1	Princip funkce tepelného čerpadla.....	27
2.6.2	Tepelná čerpadla země/voda .....	28
2.6.3	Tepelné čerpadlo voda/voda.....	29
2.6.4	Tepelné čerpadlo vzduch/voda .....	30
2.7	Solární systémy.....	31
2.7.1	Fotovoltaika .....	31
2.7.2	Fototermika.....	32
2.7.3	Srovnání.....	32
3	Návrh vytápění pro modelový dům .....	34
3.1	Popis modelového domu.....	34
3.2	Energetická bilance modelového domu .....	35



---

3.2.1	Výpočet v rámci programu zelené úsporám .....	35
3.2.2	Výpočet za pomoci volně dostupných programů .....	36
3.2.3	Zhodnocení .....	37
3.3	Alternativní možnosti vytápění modelového domu .....	38
3.3.1	Plynový kotel .....	38
3.3.2	Stávající topný systém – Tepelné čerpadlo vzduch/voda .....	38
3.3.3	Automatický kotel na uhlí .....	39
3.3.4	Automatický kotel na peletky .....	39
3.3.5	Zhodnocení .....	40
	Závěr .....	41
	Použité informační zdroje .....	43
	Seznam obrázků .....	48
	Seznam tabulek .....	49
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	50

# 1 Úvod

Energie, potažmo primární surovinové zdroje energie, je velmi ceněná komodita. V České Republice i v celé Evropské unii – kde 70 až 80% spotřebované energie pochází ze zdrojů dovezených z oblastí mimo EU – je otázka snížení nákladů na spotřebu energie velmi aktuální téma. Nestálý růst cen fosilních paliv, neschopnost Evropy se větší měrou podílet na koordinaci tohoto růstu a velká energetická závislost (např. krize spojená s problémy s dodávkou ruského plynu v přes Ukrajinu v roce 2009) nás nutí k hledání alternativních řešení. Velký potenciál úspor energie je ve snížení energetické náročnosti budov. Použitím vhodných technologií je snížení spotřeby energie při vytápění na polovinu běžně v praxi dosažitelné. Jedním z ukazatelů, že tudy vede cesta, je i fakt, že v roce 2010 EU svou směrnicí stanovila přísné požadavky na novostavby a od roku 2020 se mají novostavby stavět de facto na úroveň pasivního domu.

Volba vhodného typu vytápění pro novostavbu nízkoenergetického domu, klasického domu či výměna již stávajícího topného systému je velmi důležitá. Je zde však hodně faktorů, které musíme vzít v potaz: pořizovací cena, návratnost, kompatibilita s daným objektem, pohodlí uživatele a v neposlední řadě také ohled na životní prostředí.

Svou bakalářskou práci jsem rozdělil do dvou částí. První část se skládá z rešerše, která obsahuje jednotlivé možnosti vytápění s důrazem na efektivní využití fosilních paliv a alternativních zdrojů energie, jejich výhody a nevýhody. Druhá část obsahuje porovnání vybraných způsobů vytápění na modelovém domě.

## 1.1 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM

Nízkoenergetický dům je definován jako dům, který má spotřebu tepla na vytápění menší než  $50 \text{ kWh/m}^2$  za rok. Tento typ domu je vhodným kompromisem mezi „klasickým“ domem, který má nižší pořizovací cenu, ale poměrně velké provozní náklady a velmi těžké dosažení teplotní pohody, a pasivním domem, kde sice dosahujeme velmi nízké množství spotřebovaného tepla a vysoký komfort zdravého bydlení, avšak je tomu podřízen tvar budovy, množství prosklených ploch a navíc ne zrovna malé pořizovací náklady.[1]

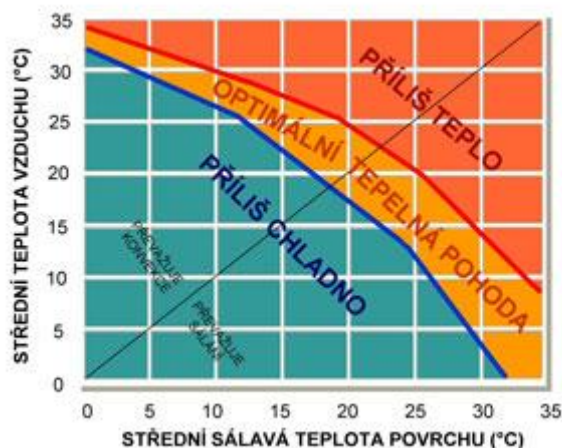
Dosažení nízkých provozních nákladů u nízkoenergetických domů je docíleno jednak velmi dobrým zateplením daných objektů, které alespoň částečně eliminuje negativní účinky tepelných mostů, a také použitím moderních technologií. Například tepelná čerpadla, solární panely a vzduchotechnika využívající nucené recirkulace vzduchu.

*Obr. 1: Příklad nízkoenergetického domu [2]*



Dalším významným požadavkem, co by měl moderní nízkoenergetický dům splňovat je tepelná pohoda, která je definována, jako pocit, který člověk vnímá při pobytu v daném prostředí. Teplotní pohoda je ovlivněna subjektivními faktory – závislé na vlastnostech člověka: věk, schopnost aklimatizace, tělesný a duševní stav – a objektivními faktory, které jsou měřitelné a ovlivnitelné: teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a teplota okolních stěn či předmětů.[3]

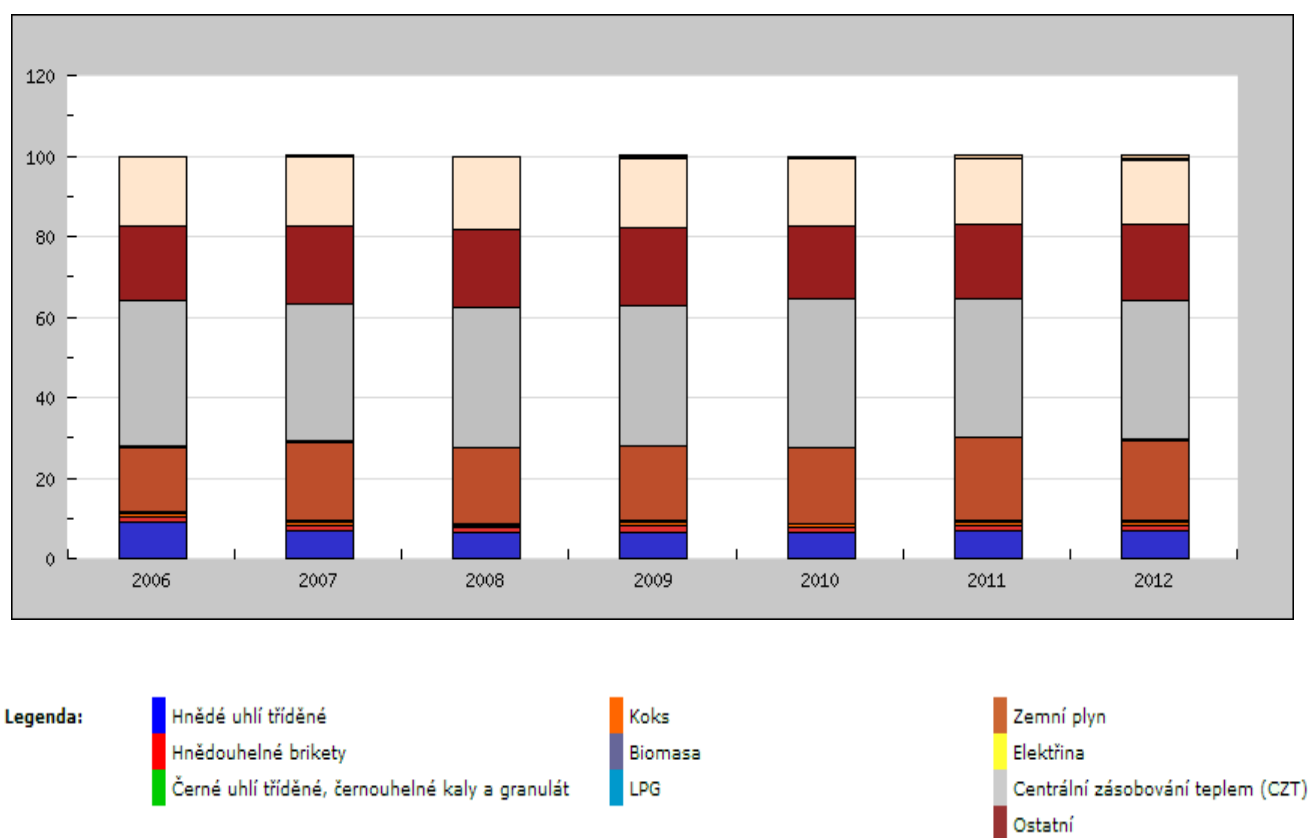
Obr. 2: Tepelná pohoda v závislosti na teplotách [4]



## 2 MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ

Způsobů vytápění rodinných domů je poměrně dost. V Čechách je nejrozšířenější vytápění za užití fosilních paliv (zemní plyn, uhlí), dále pomocí elektřiny, dřeva a dřevěného odpadu (např. přepravky, starý nábytek, kůra, atd.).

V současné době se začíná věnovat pozornost vytápěním využívajících obnovitelných zdrojů energie. Jejich rozmach však v důsledku neinformovanosti lidí a také některým přetrvávajícím technickým problémům není tak rychlý, jak by si ho mnozí představovali. Mezi tyto způsoby vytápění patří tepelná čerpadla, solární systémy, biomasa a mnohé další.



Obr. 3: Graf spotřeba paliv a energií v domácnostech v ČR (% množství energie obsažené v jednotlivých zdrojích) [5]

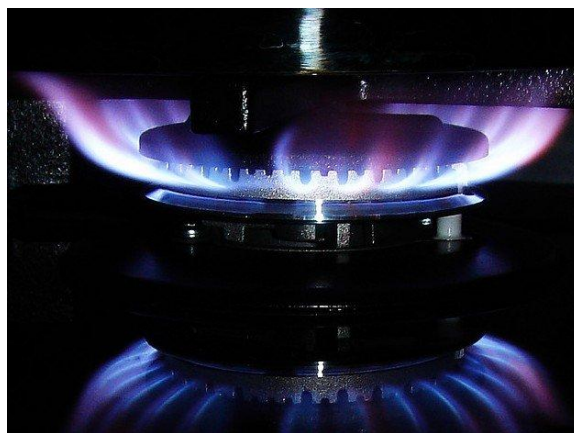
## 2.1 PLYNOVÉ VYTÁPĚNÍ

V dnešní době je na trhu široká škála zařízení pro vytápění rodinných domů, přesto však plynové kotle stále patří mezi ty nejvýhodnější a nejkomfortnější. Proto zůstávají nejrozšířenějším způsobem vytápění rodinných domů v České Republice. Jejich největší rozmach nastal na počátku 90. let 20. století o což se i do jisté míry zasadil stát formou dotací plynových kotlů.

Jejich výhodou je nízká pořizovací cena, celkem snadné fungování bez nutnosti přítomnosti člověka a i poměrně malé dopady na životní prostředí i přesto, že se řadí mezi fosilní paliva. Při spalování zemního plynu totiž nevznikají žádné nespálené částice (prach, saze), které jsou v současnosti největším problémem čistoty ovzduší v ČR.

Na druhou stranu velkým negativem je nepředvídatelný vývoj cen, jenž se odvíjí od růstu a poklesu cen ropy. V posledních letech zde však bylo spíše více růstu cen.

Dominantním médiem u plynových kotlů je zemní plyn. Existuje však více možností. Prakticky všechny zařízení na zemní plyn se dají používat i na propan nebo směs propan-butan. Stačí jen vyměnit trysky respektive hořák. Základní nevýhodou propanu a butanu je podstatně vyšší cena a nutnost používat tlakovou zásobní nádrž.



Obr. 4: Plamen při hoření zemního plynu [6]

### 2.1.1 VHODNÁ VOLBA PLYNOVÉHO KOTLE

Plynový kotel by měl být vybírán v závislosti na dalších komponentách domácnosti určených k vytápění za účelem dosažení vhodné tepelné pohody, a to za dostatečně ekonomických podmínek.

U plynových kotlů rozhodně neplatí, že naddimenzováním jejich výkonu se nic nepokazí. Příliš vysoký výkon snižuje výhodnost tohoto typu vytápění a kvůli častému vypínání a opětovnému startování - vypíná se ve chvíli, kdy se v domě drží zvolená teplota - se značně snižuje životnost samotného kotle. Naopak, kotel o nízkém výkonu nemusí dostatečně vytápět, a to zvláště ve velmi mrazivých dnech. [7]

Z těchto důvodů je proto vhodné si před nákupem plynového kotle alespoň orientačně spočítat tepelné ztráty daného domu při vytápění. Ty se samozřejmě liší podle stavebního materiálu, případném zateplení, typu a ploše oken a mnoha dalších aspektech. Většina lidí to nedělá, díky čemuž si pak pořídí předimenzovaný kotel a celková efektivita vytápění značně klesá. Pro ekonomické vytápění je u kotle také důležitá regulace výkonu a minimální možný výkon. Při nákupu plynového kotle je možno si vybrat mezi stacionární a závěsnou variantou. [7]

### 2.1.2 STACIONÁRNÍ KOTEL

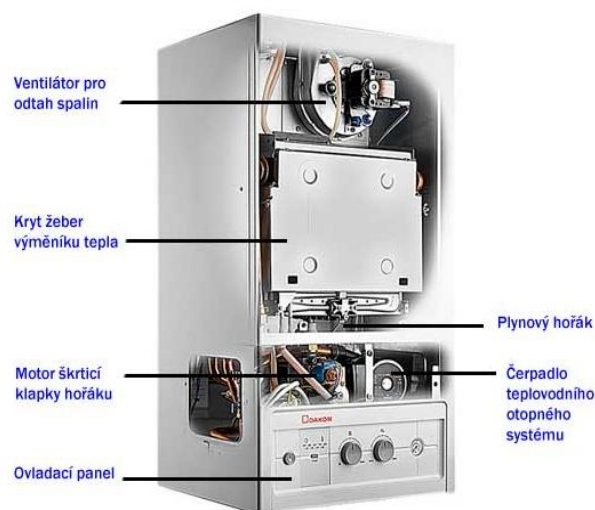
Stacionární kotle stojí na zemi (podlaze) a většinou jsou umístovány do samostatných místností – prádelen, technických místností, méně frekventovaných chodeb. Jejich výhodou je robustnost a delší životnost (lze u nich uplatnit např. litinové kotlové těleso). Také je možné použít samotížný oběh vody. Stacionární plynové kotle se hodí pro větší rodinné domy a veřejné objekty (školy, úřady, haly apod.). Přesto se skrz jejich větší nároky na místo od nich spíše upouští. [8]

Obr. 5: Schéma stacionárního kotle [9]



### 2.1.3 ZÁVĚSNÉ PLYNOVÉ KOTLE

Plynové závěsné kotle patří k nejrozšířenějším zařízením pro vytápění bytů a rodinných domů. Mezi jejich výhody patří elegantní kompaktní design a malé rozměry. V posledních letech došlo k viditelnému pokroku, díky němuž je jejich provoz úspornější a komfortnější. Navíc je díky digitalizaci a automatizované diagnostice údržba a servis stále snadnější. Plynové závěsné kotle lze pověsit téměř kamkoli (do prádelny, koupelny, chodby), kde to technické řešení umožňuje – musí být vyřešen odvod spalin. Existují varianty s odvodem spalin do komína nebo obvodovou stěnou na fasádu (od tohoto způsobu se však skrz vysoké znečištění upouští). [8]



Obr. 6: Schéma závěsného kotle [10]

#### TYPY ZÁVĚSNÝCH PLYNOVÝCH KOTLŮ:

- **ZÁVĚSNÝ KOMBINOVANÝ KOTEL** – zajišťující vytápění a také průtokový ohřev vody. Tento typ se hodí spíše pro malou rodinu v bytě.



- **ZÁVĚSNÉ KOMBINOVANÝ KOTEL S VESTAVĚNÝM ZÁSOBNÍKEM VODY** - zajišťuje vytápění, ale navíc funguje jako zdroj teplé vody, která je shromažďována v menším zásobníku.
- **ZÁVĚSNÝ KOMBINOVANÝ KOTEL S NEPŘÍMOTOPNÝM ZÁSOBNÍKOVÝM OHŘÍVAČEM VODY** (bojlerem) – hodí se spíše pro rodinné domy, u kterých bývá větší nárok na množství teplé vody.

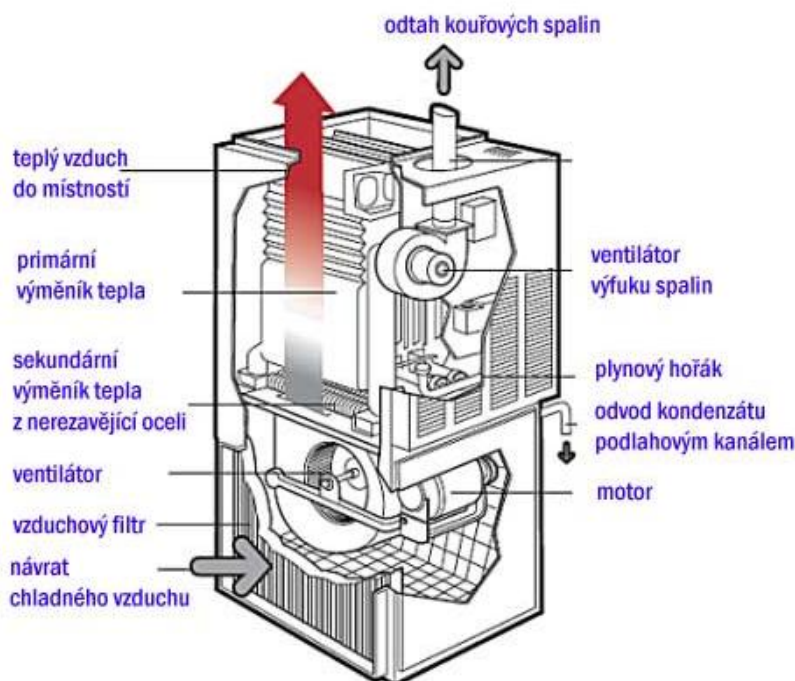
#### 2.1.4 KONDENZAČNÍ PLYNOVÉ KOTLE

Kondenzační kotel je v porovnání s klasickými kotli mnohem úspornější a ekologičtější. Díky své složitější konstrukci je však také dražší – řádově o 10 000 až 20 000 Kč. Počáteční investice se ale po určité době navrátí, protože má nižší spotřebu energie, vyšší výkon a účinnost a také delší životnost. Díky těmto atributům si ho vybírá stále více lidí. Plynové kondenzační kotle jsou vhodné pro domácnosti s nízkoteplotními systémy, tj. byty a domy s podlahovým vytápěním nebo s radiátory o větší ploše. [8]

Topení v klasických teplovodních kotlích nutně doprovází větší či menší ztráty spalin. Ty jsou ze spalovací komory odvedeny rovnou do komína bez dalšího využití. Konstrukce kondenzačních kotlů řeší problém těchto úniků. Spaliny, jejichž teplota se pohybuje okolo 130–180 °C, procházejí ještě další, dodatečnou částí výměníku, kde zkondenzují a část svého tepla předají do systému s chladnou vodou. Teplota spalin poté klesne zhruba na 60 °C. Díky tomu systému lze docílit úspory až 30%. [8]

Chceme-li dosáhnout opravdu ekonomického provozu, je vhodné efektivně nastavit regulaci pomocí sofistikovaného termostatu. Můžeme tak sestavit i denní režim, kdy je třeba vytápět, a kdy je to zbytečné. Dnes existuje i možnost propojení ovládacího systému kotle přes internet a kotel tak na dálku sledovat i programovat. [8]

Obr. 7: Schéma kondenzačního kotle [11]



## 2.2 TOPNÝ OLEJ

Vytápění za pomoci spalování topného oleje je v ČR dosti opomíjenou variantou. S přihlédnutím na současnou energetickou situaci – kdy dodávky plynu z Ruska, jsou těžko předvídatelné, tudíž se na ně nedá plně spoléhat – a prognózou do budoucna, má poměrně velký potenciál. Lze přihlédnout i k faktu, že v energetickém skladbě vyspělých ekonomik, jako jsou Německo (Nízkosirný topný olej extra lehký - TOEL zde používá až 6,3 milionů domácností) a Rakousko mají nezastupitelnou a významnou pozici.

Ačkoliv se může zdát, že vytápění topným olejem je zastaralé a nepřátelské k životnímu prostředí, opak je pravdou. Nízkosirný topný olej extra lehký (TOEL), který se jako palivo využívá v rodinných domech i ve velkých kotelnách, je palivem, u kterého je míra emisí vznikajících jeho spalováním redukována na minimum, a svými parametry se tak blíží zemnímu plynu. Příznivé je také to, že ve srovnání dřevem nebo uhlím dosahuje více než trojnásobné výhřevnosti. Na trhu v ČR je rovněž k dispozici TOEL s podílem bio-složky. V Německu jde vývoj ještě dále a vědci zde vyvíjí 100% biologický topný olej, který pochází z rychle rostoucích dřevin a trav, nikoliv ze zemědělských produktů vhodných k potravinářským účelům. Dalším velkým pozitivem v porovnání se zemním plynem nebo elektřinou je možnost si zvolit dodavatele, který v aktuálním čase nabízí nejlepší podmínky. Při dostatečné velikosti zásobníků paliva jedno doplnění vydrží až dvě nebo tři topné sezóny. Díky tomu je TOEL také vhodný, pro odlehlé oblasti (např. hory, atd.). [12]

Mezi zápory, tohohle způsobu vytápění patří nepatrně vyšší cena oproti tradičnějšímu zemnímu plynu. Také otázka spojená s uskladněním topného oleje pokud se potýkáme s menšími prostory.

Rok	Topný olej	Elektřina D45	Rozdíl TOEL-ELE	Rozdíl TOEL-ELE
2002	27 431,71 Kč	24 200,00 Kč	3 231,71 Kč	13%
2003	27 728,89 Kč	23 100,00 Kč	4 628,89 Kč	20%
2004	32 575,16 Kč	24 420,00 Kč	8 155,16 Kč	33%
2005	36 849,93 Kč	26 180,00 Kč	10 669,93 Kč	41%
2006	39 524,53 Kč	35 640,00 Kč	3 884,53 Kč	11%
2007	40 896,11 Kč	39 380,00 Kč	1 516,11 Kč	4%
2008	45 301,73 Kč	46 640,00 Kč	-1 338,27 Kč	-3%
2009	36 426,48 Kč	53 900,00 Kč	-17 473,52 Kč	-32%
2010	41 718,41 Kč	51 040,00 Kč	-9 321,59 Kč	-18%

Tab. 1: Porovnání vývoje cen elektřiny a TOEL v ČR v rozmezí let 2002-2010 při uvažované spotřebě na vytápění rodinného domu a ohřevu teplé vody ve výši 22000 kWh/rok [13]

### 2.2.1 TYPY TOPNÝCH OLEJŮ:

- **TĚŽKÝ TOPNÝ OLEJ:** Jde o hustou směs – získanou z ropy destilací – skládající se ve větší míře z vyšších uhlovodíků. Přidávají se do ní různá aditiva pro dosažení požadovaných vlastností, např. pro snížení bodu tuhnutí. Zpravidla se používá spíše pro průmyslové vytápění, protože vyžaduje složitější a dražší konstrukci hořáků (olej se musí předehtřívát za účelem snížení jeho viskozity). [14]



- **LEHKÝ TOPNÝ OLEJ:** Rovněž se získává destilací ropy, má nižší viskozitu a pro rozlišení od motorové nafty obsahuje lehký topný olej barvivo a značkovací látky. [14]
- **EXTRA LEHKÝ TOPNÝ OLEJ:** I zde jde o směs kapalných uhlovodíků, získávanou z ropy destilací a vroucí převážně v rozmezí 150 až 370°C. Jeho viskozita je ještě nižší než u lehkého oleje a obsahuje také barvivo a značkovací látky. Extra lehký topný olej je určen především pro použití ve zvláště ekologicky zatížených a chráněných krajinných oblastech s požadavky na nízkosírná paliva pro vytápění domácností. [14]

### 2.2.2 SYSTÉM SPALOVÁNÍ TOPNÝCH OLEJŮ

V rodinných domech se zpravidla používá extra lehký topný olej. Zařízení, ve kterých se TOEL spaluje se svojí obsluhou a komfortem velmi podobají plynovým topidlům. S nadsázkou lze říct, že se často se liší jen typem instalovaného hořáku. [15]

Základem olejového vytápění jsou v současnosti tzv. unity. Ty se skládají z tepelného zdroje tvořeného kotlem, hořákem pro spalování topného oleje, bojlerem, regulací, oběhovým čerpadlem atd. Úkolem unitu je snaha o neoptimálnější a nejefektivnější výrobu tepla pro vytápění domu a ohřev teplé vody, a to za podmínky dosažení co nejnížší úrovně vypouštěných škodlivin. Podobně jako u plynových kotlů existují zařízení v provedení stacionárním (stojícím na podlaze) nebo závěsném (zavěšeném na zdi). V těchto zařízeních se spalováním topného oleje vyrábí teplo pomocí nízkoteplotní nebo kondenzační technologie. [15]

Moderní nízkoteplotní nebo kondenzační kotle na topný olej lze bez problémů připojit na různé otopné systémy (radiátory, podlahovým vytápěním, fan-coil konvektory nebo kombinací těchto možností). Tyto kotle lze navíc úspěšně kombinovat i s dalšími zdroji tepelné energie, jako jsou solární kolektory nebo krby či krbová kamna s teplovodní vložkou. [15]

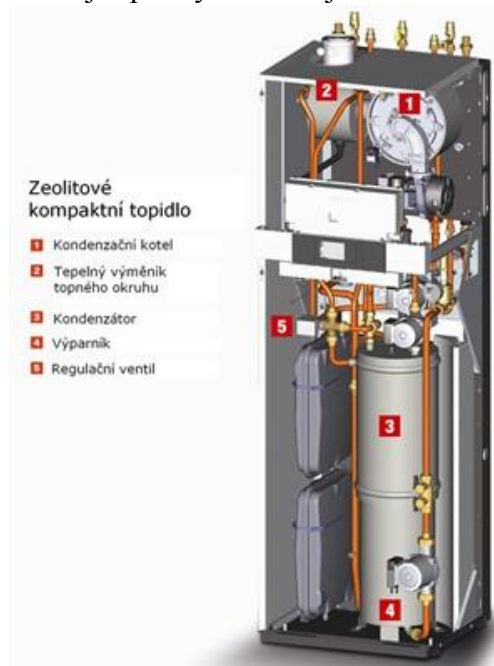
### 2.2.3 TYPY ZAŘÍZENÍ URČENÝCH PRO SPALOVÁNÍ TOPNÝCH OLEJŮ

**OLEJOVÉ NÍZKOTEPLTNÍ KOTLE:** Aby došlo k minimalizaci ztrát, nízkoteplotní kotle pružně reagují na venkovní teplotu. Se stoupající venkovní teplotou kotel ohřívá topnou vodu na nižší teploty a naopak. Optimálním nastavením regulace se dosahuje příznivé spotřeby (zužitkování až 88% energie obsažené v palivu) v závislosti na požadavcích uživatele a venkovních podmínkách. [15]

*Obr. 8: Olejový nízkoteplotní kotel [16]*

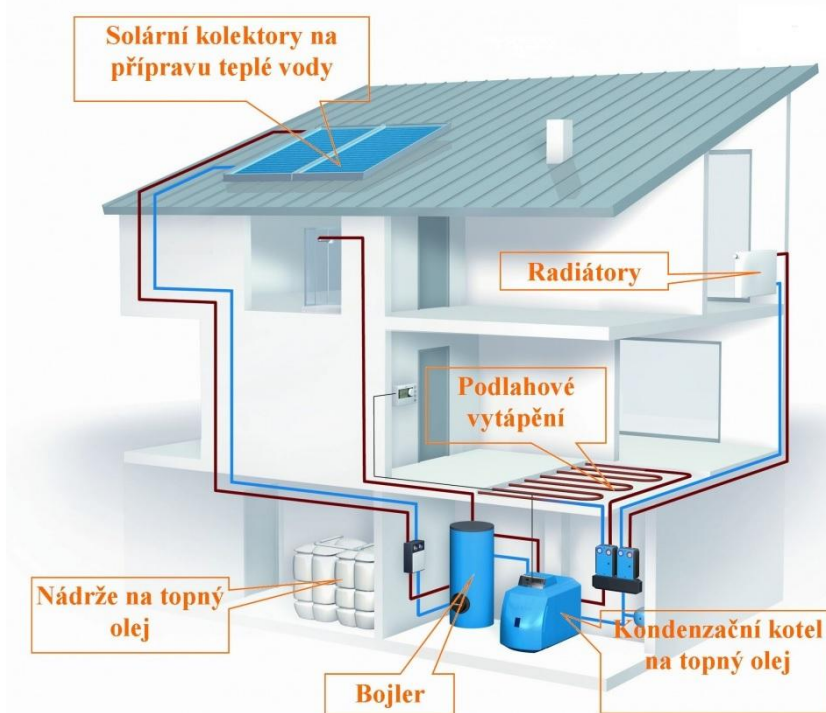


**OLEJOVÉ KONDENZAČNÍ KOTLE:** Kondenzační kotle jsou nástupci kotlů nízkoteplotních. Ve větší míře využívají teplo, které obsahují spaliny odcházející komínem a jsou vybaveny tepelným výměníkem, který zajišťuje využití tzv. kondenzačního tepla. Díky tomu dochází ke zvýšení efektivity výroby tepla (využijí až 97% energie uložené v palivu). Unity jsou většinou kombinovány se zásobníky na ohřev teplé vody tak, aby v místě instalace zabraly co nejmenší plochu. Zásobník je možné umístit přímo pod, nad nebo vedle kotle. [15]



Obr. 9: Olejový kondenzační kotel [17]

**OLEJOVÉ VYTÁPĚNÍ V KOMBINACI S OBNOVITELNÝMI ZDROJI ENERGIE:** Olejové topení se stává ještě více perspektivní v kombinaci s obnovitelnými zdroji energie, jako jsou solární termické kolektory, krby, krbová kamna s výměníkem, tepelné čerpadlo atd. Spotřeba teplé vody v rodinném domě činí přibližně 35-40 litrů na osobu na den. Tato spotřeba se dá za pomoci moderních solárně-termických kolektorů pokrýt v letních měsících až ze 100%. V zimních měsících je to o trochu horší, ale v kombinaci s olejovým vytápěním je možné snížit celoroční spotřebu energie na ohřev teplé vody až o 60% což je velmi příznivé i z finančního hlediska. [15]



Obr. 10: Kombinace olejového kondenzačního kotle se solárními panely [17]

## 2.3 UHLÍ A KOKS

Topením uhlím a koksem se v minulosti řadilo k nejrozšířenějším způsobem vytápění rodinných domů. V 90. letech minulého století se od tohoto způsobu vytápění začalo ustupovat. Hlavní zásluhu na tomto trendu měl stát se svou strategií dotací jiných typů vytápění a emisních kritérií.

Vývoj cen v poslední dekádě - a to především růst cen zemního plynu – způsobil to, že se řada lidí k tomuhle způsobu topení opětovně navrácí, a to převážně na venkově. Při vytápění spalováním hnědého uhlí jsme schopni dosáhnout nejnižších nákladů. Také díky kotlům s automatickým podavačem se podstatně zvýšil komfort oproti dřívějšímu.

Při spalování hnědého uhlí, a to i uhlí vysoké kvality – např. české uhlí je většinou kvalitnější než to polské, protože obsahuje, menší množství síry a často má i větší výhřevnost – vzniká řada škodlivých látek (oxid uhličitý, uhelnatý a siřičitý). Obzvláště škodlivé je spalovat tohle uhlí ve starých kotlích na tuhá paliva, které výrazně převyšuje současné emisní limity. Spalování černého uhlí respektive koksu je méně ekologicky závadné než spalování hnědého uhlí.

Podle velikosti a schopnosti vytápět můžeme kotle určené pro spalování tuhých paliv dělit na lokální topidla (určené buď pro malé prostory nebo jako sekundární topné zařízení) a topidla určená pro ústřední vytápění.

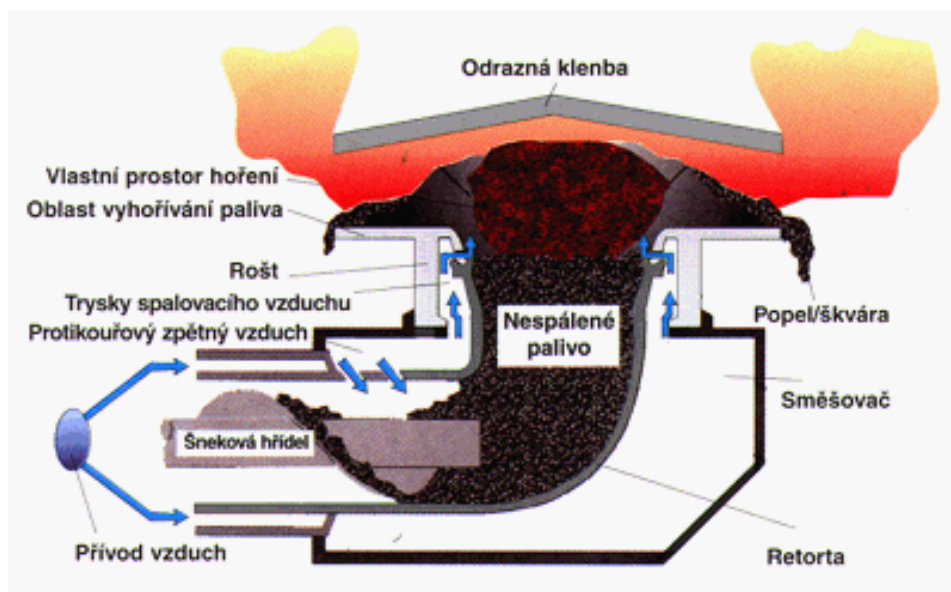
### 2.3.1 KOTLE URČENÉ PRO ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ

**KLASICKÉ KOTLE NA HNĚDÉ UHLÍ:** Fungují na principu spodního odhořívání paliva, které je v násypce. Přívodem sekundárního vzduchu (otevíráním dvířek) je možno regulovat výkon. Sekundární vzduch zajišťuje spalování těkavých složek uvolněných z uhlí a oxidu uhelnatého vzniklého ve vrstvě žhavého uhlí. Tyto kotle se dají provozovat jen v určitém rozmezí výkonu (zpravidla od 40 do 110% jmenovitého výkonu) a jejich účinnost bývá kolem 60%. Při snížení výkonu pod tuto hranici dochází k nepříznivému jevu dehtování a prudce klesá účinnost. Efektivitu kotle lze podstatně zlepšit instalací vyrovnávací akumulární nádrže. [14]

*Obr. 11: Klasická kamna na uhlí [18]*



**KOTLE S AUTOMATICKÝM PŘÍKLÁDÁNÍM:** Jedná se o relativně nové konstrukční řešení. Jednotlivých typů provedení je velké množství. Mě však zaujal mechanismus se šnekem. Uhlí je pomocí šnekového podavače přemísťováno ze zásobníku do spalovací komory, kde odhořívá na tzv. talíři a vzniklý popel odpadáva na okrajích. Díky zásobníku s kapacitou až  $0,4 \text{ m}^3$  paliva a šnekovému podávacímu mechanismu, lze docílit komfortního provozu vyžadujícího pouze pár minut pozornosti denně. Udaná účinnost je až 85% a rozsah výkonu u nejmenšího kotle z výrobní řady je 4 až 25 kW, což je velmi pružný rozsah. [14]



Obr. 12: Podavač uhlí se šnekovým mechanismem [19]

**KOTLE NA KOKS:** Koks neobsahuje těkavou hořlavinu a lze jej proto spalovat jednodušším (výkon kotle se dá lépe regulovat) a ekologičtějším způsobem (vzniklé emise jsou menší než v případě spalování hnědého uhlí). Koks se často spaluje ve stejných kotlích, které jsou určené pro spalování hnědého uhlí. Pouze se přesune klapka určující způsob hoření (prohořivací pro koks respektive odhořivací pro uhlí). Koks totiž potřebuje větší přívod vzduchu ze spodu. [14]

### 2.3.2 LOKÁLNÍ TOPIDLA

**KLASICKÁ KAMNA:** slouží k spalování uhlí, briket a dřeva. Často jsou vybaveny velkými litinovými dvířky uzpůsobenými pro pohodlné přikládání velkého množství paliva. Velké časové prodlevy mezi přikládáním umožňuje stálý celodenní provoz. Teplo se do okolí šíří nejen konvekci ale i sáláním. [14]



Obr. 13: Klasická kamna [20]



## 2.4 BIOMASA

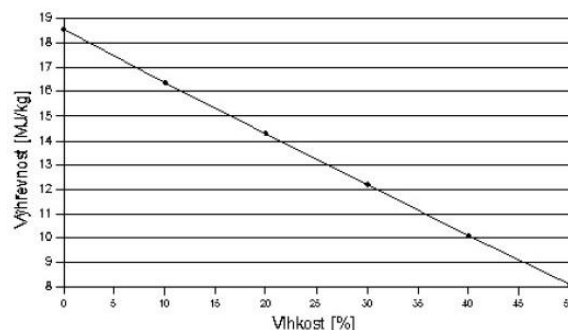
Spalování biomasy může být plnohodnotnou náhradou fosilních paliv. Pojem biomasa zahrnuje široké spektrum potencionálního paliva: kusové dřevo, dřevní odpad (kůra, štěpka, piliny, sláma) a také suché části rostlin pěstovaných k účelu spalování (topol, osika, vrba, šťovík, topinambur, konopí, sloní tráva apod.). S přihlédnutím na parametry daných paliv, ekonomiku a efektivitu vytápění zůstává jedinou reálnou variantou pro vytápění rodinných domů kusové dřevo, brikety, peletky případně dřevěná štěpka. [21]

Základní výhodou biomasy je, že se jedná o obnovitelný zdroj energie s minimálními nepříznivými vlivy na životní prostředí (za předpokladu správného spalování), protože spalováním biomasy se uvolňuje jen tolik oxidu uhličitého, kolik jej při růstu rostlina spotřebuje. Navíc moderní kotle eliminují dřívější problém s prachem uvolněným do ovzduší. Výhodou je také, že při spalování vzniká jen malé množství popela. To umožňuje jednodušší konstrukci topidel, lepší regulaci respektive automatizaci procesu spalování.

Biomasa a její spalování v kotlích má i několik nevýhod. Jednou z nich je nižší výhřevnost, než jakou lze dosáhnout u ostatních paliv. Proto při dosažení stejné účinnosti musíme spálit mnohem větší množství paliva než u jiných způsobů vytápění (např. koks). Při spalování je také velmi podstatné, jakou má biomasa vlhkost (s vyšší vlhkostí klesá výhřevnost). S tím jsou spojeny větší nároky na prostor a způsob jejího skladování. Dalším nepříznivým faktorem může být nižší komfort například v porovnání s plynem, topným olejem nebo elektřinou.

### 2.4.1 DRUHY BIOMASY VHODNÉ PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ

**PALIVOVÉ DŘEVO** - Tradiční způsob vytápění rodinných domů. Dřevo patří mezi snadno dostupné a při správném hospodaření téměř nevyčerpatelné suroviny. Také díky moderním kotlům s inteligentní regulací hoření je dosaženo vyššího komfortu pro uživatele, než tomu bylo v minulosti. V neposlední řadě tenhle způsob vytápění patří mezi ty nejlevnější. Problém může být se skladováním, protože dřevěné špalvy jsou objemnější a nesmí dojít k jejich navlhnutí.



Obr. 14: Závislost výhřevnosti dřeva na obsahu vody [14]

**DŘEVNÍ ŠTĚPKA** - Dřevní, resp. lesní štěpka je strojně nakrácená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o velmi levné biopalivo určené především pro vytápění větších budov. Dělí se na zelenou štěpku (získaná ze zbytků po lesní těžbě), hnědou štěpku (získaná ze zbytkových částí kmenů, pilařských odřezků apod.) a bílou štěpku (získaná z odkorněného dříví, obvykle odřezků při pilařské výrobě). [22]

Obr. 15: Dřevní štěpka [23]



**PELETY** - Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběny v průměru 10 mm a různorodé délce 6 – 12 mm. Podle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny, se dělí na dřevěné (obvykle z pilin a hoblin), rostlinné (sláma obilovin a olejnin, traviny a energetické byliny), kůrové, rašelinové a z dalších materiálů z biomasy. Pelety lze používat v široké výkonové škále kotlů a kamen v rodinných domech i ve větších budovách. Mezi jejich přednosti patří vysoká energetická hustota a tepelná výhřevnost (související s peletováním = stlačením), snadná doprava a skladování. [24]



*Obr. 16: Pelety z řepkové slámy [24]*

**BRIKETY** – Vznikají zpracováním výchozího materiálu za velkého tlaku do tvaru malých nebo velkých válečků, hranolů nebo šestistěnů o průměru 40 až 100 mm. Výchozím materiálem může být dřevo (dřevní prach, drť, piliny) nebo rostliny (nakrátko řezané stébelniny např. sláma obilovin a olejnin, traviny a energetické byliny). Výchozím materiálem může být i odpadový papír, karton, lepenka, reklamní letáky či časopisy. [25]



*Obr. 17: Dřevní válcové brikety [26]*

#### 2.4.2 ZAŘÍZENÍ NA SPALOVÁNÍ BIOMASY

Moderní ekologické kotle na biomasu patří mezi dražší zařízení, avšak investice do nich vložené se po čase vrátí. Také díky politice státu a EU je možno na kotel získat dotaci. Většinou jsou tyto kotle specializované na určitý druh biomasy a spalování nevhodného paliva by mohlo dojít dokonce k poruše zařízení. Kotle se tedy nejčastěji dělí podle druhu paliva, které je v nich spalováno: [27]

- **KOTLE NA PELETKY:** Díky charakteristickým vlastnostem peletek kotle na jejich spalování dosahují široké škály výkonů, dobrých rozměrů a taky srovnatelného komfortu v porovnání například s kotli na topný olej, či dokonce plynem. [27]
- **KOTLE NA ŠTĚPKU A PILINY:** Podobně jako u peletek se také jedná o kotle s automatickým provozem. Jsou to nejčastěji větší zařízení, která vytápí zemědělské farmy nebo v obecních vytopnách zásobujících teplem celé obce. [27]
- **ZPLYNOVACÍ KOTLE:** V jejich útrobách dochází k zuhelnatění dřeva, které je posléze zplynováno. Tak nedochází takřka vůbec k uvolňování škodlivých látek. Jejich pořízení je však dosti finančně nákladné. [27]
- **KOTLE NA KUSOVÉ DŘEVO:** Topení kusovým dřevem patří k nejlevnějším variantám (nízké pořizovací a provozní náklady). Jde však o dosti nekomfortní variantu z důvodů častého přikládání. Náročnější je také skladování dřeva. Nutná je též pravidelná údržba kotle a komínu. [27]

Nejrozšířenější a nejdéle používanou biomasou je dřevo. Tradiční zařízení určené k jeho spalování v kombinaci s novými technologiemi dosahují příznivých výsledků. Mezi tato zařízení patří například:

- **KACHLOVÁ KAMNA:** Jejich hlavní předností je velká akumulace tepla v hmotě kamen, krátká doba vlastního vytopení a malá povrchová teplota, při které nedochází k pálení prachu na povrchu. Teplo je přenášeno převážně konvekcí, ale díky velké ploše stěn je znatelný i radiační přenos tepla, který přispívá k tepelné pohodě. Dobře navržená kachlová kamna mohou mít až 85% účinnost. Čas na doplnění tepla může být jen několik hodin; po zbytek dne předávají teplo přes kachlový plášť do místnosti. [14]

*Obr. 18: Kachlová kamna [28]*



- **KRBY A KRBOVÉ VLOŽKY:** Krby, se staví především z estetických důvodů, tudíž vytápění je spíše jejich sekundární funkcí. Teplo je přenášeno převážně sáláním. Účinnost otevřených krbů (přisávají vzduch z místnosti) je velmi malá. Efektivnější je přivést vzduch pro spalování zvláštním kanálem na spodní stranu krbu. Krby slouží primárně ke spalování dřeva. [14]

*Obr. 19: Mramorový krb [29]*





## 2.5 ELEKTRINA

Elektrická energie je nejkomfortnějším způsobem vytápění. Je rozšířena téměř všude, dá se snadno rozvádět do jednotlivých místností (možnost lokálních topidel pro každou místnost zvlášť) a na teplo je přeměňována téměř s 100% účinností. Velkou výhodou je také fakt, že elektrická topidla nepotřebují téměř žádnou údržbu a mají nízké pořizovací náklady a jelikož se zde nic nespaluje, není potřeba ani komín.

Zásadní nevýhodou elektřiny je ovšem její relativně vysoká cena a to i přes zvýhodněné tarify poskytované domácnostem s elektrickými topidly. Důvodů je mnoho. Drahé výrobní zařízení, neschopnost efektivního skladování elektřiny (jen za pomoci přečerpávacích elektráren) a také to, že cena surové energie značně narůstá o poplatek spojený s její distribucí. A ačkoliv je topení elektřinou neznečišťující, její primární výroba už tak ekologická není.

Vytápění elektřinou je tedy vhodnější především pro domy s dobrou tepelnou izolací. To mohou být pasivní, respektive nízkoenergetické domy, kde v kombinaci s nějakým obnovitelným zdrojem energie, to může být velmi komfortní, finančně únosná a ekologická varianta.

### 2.5.1 TYPY VYTÁPĚNÍ ZA POMOCI ELEKTRINY

**PŘÍMOTOPNÉ VYTÁPĚNÍ:** Zařízení je v provozu minimálně 20 hod denně a za pomoci dálkového ovládání je vypínáno na max. 2 hod denně. Může se používat mnoho typů topidel, elektrické konvektory, podlahovým vytápěním, sálavé panely či elektrokotle. Teplo není třeba akumulovat, při dobré izolaci domu stačí přirozená akumulace do stěn a podlah. Relativně nízká pořizovací investice a také fakt, že ostatní spotřebiče v domácnosti díky zvýhodněnému tarifu mají levnější provoz, částečně kompenzuje vyšší spotřebu elektrické energie. [30]

**AKUMULAČNÍ VYTÁPĚNÍ:** Zařízení je v provozu minimálně 8 hodin denně, zpravidla ve dvou časových intervalech. Takto se využívá té nejlevnější elektřiny (noční proud). Získané teplo musí být však vhodným způsobem akumulováno, aby bylo zajištěno vytápění po zbývajících 16 hodin. Toho může být dosaženo například užitím akumulačních nádrží s vodou nebo akumulačních kamen s keramickou tepelně - akumulační hmotou. To má ale za následek vyšší pořizovací náklady než přímotopné vytápění. [30]

**HYBRIDNÍ VYTÁPĚNÍ:** Tento způsob se z důvodů nevýhodné sazby užívá málokdy. Jde o kombinaci předchozích způsobů. Základ je akumulační vytápění doplněné pro dobu nejnižších venkovních teplot přímotopným vytápěním. [30]

### 2.5.2 LOKÁLNÍ TOPIDLA PŘÍMOTOPNÁ:

U těchto topidel se užívá zvýhodněná přímotopný tarif (sazba).

**KONVEKTORY:** Jsou to jednoduchá elektrická topná tělesa nejčastěji upevněná na stěnu. Odevzdávají teplo do vzduchu převážně konvekcí (prouděním), proto jsou někdy vybavena ventilátory. Vynikají snadnou a přesnou regulací teploty a dobrou programovatelností. [14]

*Obr. 20: Konvektor instalován v podlaze [31]*



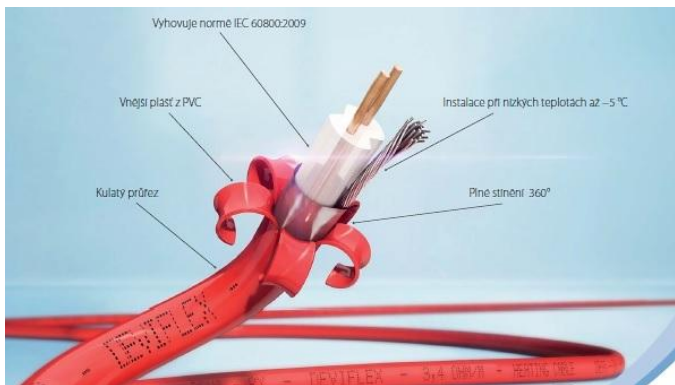


**SÁLAVÉ PANELE:** Teplo je předáváno převážně radiací (sáláním). Sálavé panely je možno umístit prakticky kamkoliv, na stěny i na strop, což kompenzuje případnou nižší teplotu stěn a oken. Panely mají malou tepelnou setrvačnost a umožní rychlý zátop. Je možno zvolit i estetickou variantu a to sálavé panely ve formě obrazu. [14]

*Obr. 21: Sálavý panel ve formě obrazu [32]*



**TOPNÉ KABELY:** Teplo je předáváno převážně radiací. Topné kabely jsou určeny pro podlahové vytápění. Instalují se zpravidla do betonové podlahy, která je zespolu tepelně izolovaná. Nejteplejší je tedy podlaha místnosti, díky čemuž je dosažena příjemná tepelná pohoda. Regulace výkonu je vzhledem k poměrně velké tepelné kapacitě betonové podlahy obtížnější. Díky tomu se tento způsob vytápění nehodí do místností, kde se dají očekávat značné a nenadálé tepelné změny. Díky tepelné setrvačnosti je možno v některých případech využít sazby s 16-ti hodinovou dobou trvání nízkého tarifu. Umístěním do materiálu s menší tepelnou kapacitou než má beton dosáhneme menší tepelné setrvačnosti. [14][33]



*Obr. 22: Řez tepelným kabelem [34]*

**TOPNÉ FÓLIE:** Teplo je předáváno radiací. Topné fólie vyrobeny z vysoko odporových materiálů s výkony kolem  $60 \text{ W/m}^2$  jsou umísťovány do stropu nebo pod sádrokartonové desky na stěny. Mezi jejich přednosti patří rozložení teploty a snadná a rychlá regulace z důvodů malé tepelné setrvačnosti. [14]

**INFRAZÁŘIČE:** Teplo je přenášeno téměř výlučně radiací, mají malé rozměry a používají se převážně do koupelen nebo jako pomocné vytápění. Dnes jsou oblíbené halogenové zářiče. [14]

**TEPLOVZDUŠNÁ TOPIDLA:** Teplo je předáváno výhradně konvekcí. Zařízení mají malé rozměry a používají se tam, kde potřebujeme rychle ohřát vzduch. [14]

### 2.5.3 LOKÁLNÍ TOPIDLA AKUMULAČNÍ

**AKUMULAČNÍ KAMNA:** Jedná se o elektrická topná tělesa umístěná v keramické akumulární hmotě se zvoleným příkonem tak, aby se za 8 hodin zahřály na maximální teplotu. Za pomoci ventilátoru prohánějícího vzduch z místnosti skrz vyhřátou akumulární hmotu je poté akumulované teplo podle potřeby odčerpáváno. Nevýhodou mohou být

relativně velké rozměry a hmotnost tohoto topidla. Většinou se na tento druh zařízení vztahuje méně výhodná sazba, avšak na hybridní akumulční kamna s přímotopnou částí se uplatňuje přímotopný tarif. Mají také menší rozměry. [14][35]

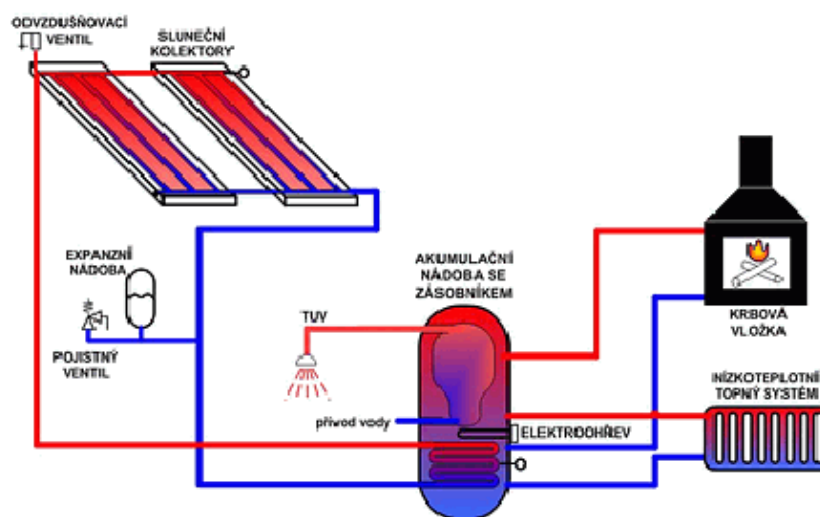


Obr. 23: Akumulační kamna [36]

#### 2.5.4 ÚSTŘEDNÍ ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ

**ELEKTROKOTEL:** Jedná se o elektrickou topnou vložku umístěnou spolu s termostatem a oběhovým čerpadlem v malé kompaktní jednotce. Ta je zapojena do rozvodu ústředního vytápění. Na tento druh vytápění se vztahuje příznivá přímotopná sazba. Provoz elektrokotle se stává velmi výhodný v kombinaci s nějakým dalším zdrojem vytápění. Někdy se elektrická topná vložka montuje přímo do kotle na dřevo, tím se systém zjednoduší a zlevní ovšem za cenu určitého zvýšení tepelných ztrát. Nevýhodou oproti lokálním přímotopným topidlům jsou určité tepelné úniky do nevytápěného prostoru (technická místnost, sklep). [14]

**AKUMULAČNÍ NÁDRŽE:** Akumulační nádrže fungují tak, že teplo se akumuluje do nádrží s vodou zapojených do okruhu ústředního vytápění. Při rozhodování o pořízení akumulčních nádrží může hrát zásadní roli dostupnost sazby. Je zde možno dosáhnout nejlevnějšího elektrického tarifu D26 (D25) díky čemuž je docíleno velmi nízké ceny za kWh. Dalším velkým kladem je možnost připojit sekundární zdroj tepla. Velmi populární se v poslední době stává akumulční nádrže ve spojení s kotlem na dřevo. Je zde i varianta obohacená o solární kolektory. Kombinace elektřina - dřevo - solární energie - akumulční nádrž je velmi univerzální efektivní systém vytápění s levným provozem. [14][37]



Obr. 24: Schéma vytápění za pomoci akumulční nádrže v kombinaci s dřevem, elektřinou a solární energií [38]

## 2.6 TEPELNÁ ČERPADLA

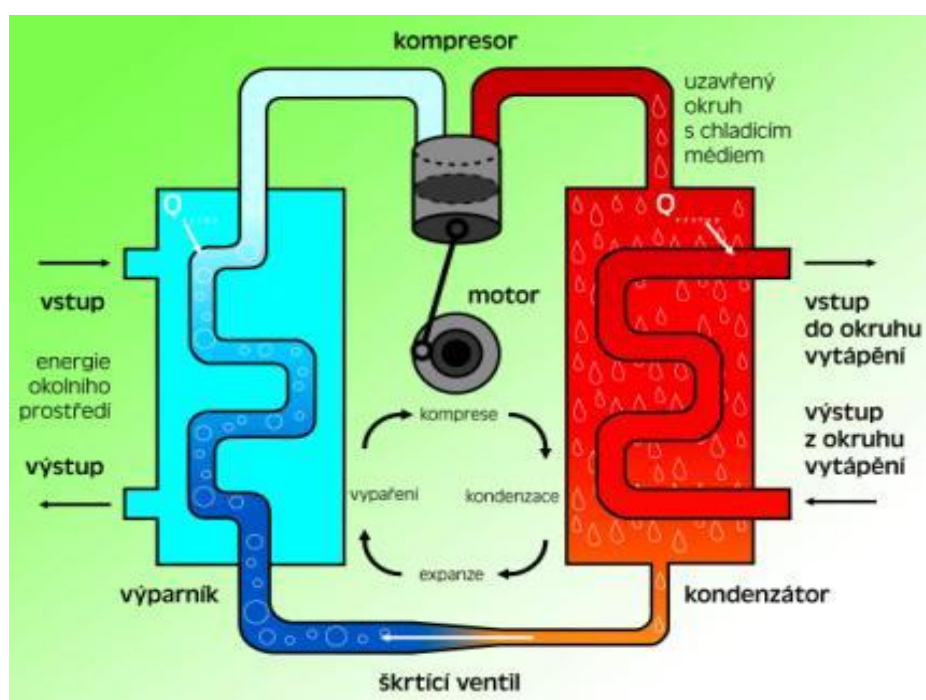
V posledních letech se stále více rozšiřuje způsob vytápění za pomoci tepelných čerpadel. Tepelná čerpadla jsou ekonomická a ekologická zařízení, která využívají energii okolního prostředí (rozdílu teplot) k vytápění budov a ohřevu vody. Mají velký potenciál a do budoucna se mohou stát jednou z variant řešení energetických problémů i problémů týkajících se životního prostředí.

Mezi hlavní přednosti tepelných čerpadel patří ekonomika provozu s minimální závislostí na cenách elektrické energie. Domácnost mající takhle způsob vytápění má nárok na zvýhodněný elektrický tarif. Tím se ještě sníží nejen náklady na vytápění, ale i provoz všech ostatních spotřebičů. Důležitý je i fakt, že díky nízké energetické náročnosti minimalizuje škodlivé vlivy na životní prostředí. Většinu tepla pro vytápění nebo ohřev vody je získána prostřednictvím tepelného čerpadla přímo z našeho okolí.

Hlavním nepřítelem tepelných čerpadel je jejich cena. A i přes značné dotace poskytované státem respektive EU pořízení vysoce výkonného tepelného čerpadla je velmi nákladné. Další nepříjemností je závislost na elektrické energii a vázanost volby vhodného typu čerpadla na danou lokalitu.

### 2.6.1 PRINCIP FUNKCE TEPELNÉHO ČERPADLA

Tepelné čerpadlo obsahuje čtyři základní části chladicího okruhu - výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil – a funguje na podobném principu jako chladnička. Jedná se však o obrácený cyklus s mnohem větším výkonem. Odebírá nízkopotencionální energii v příslušném médiu - vodě (povrchová, spodní, odpadní), vzduchu (okolní, odpadní) nebo zemi (prostřednictvím nemrznoucí kapaliny obíhající v uzavřeném kolektoru) - a na termodynamickém principu ji mění v potřebné a využitelné teplo, které se pak rozvádí vodou nebo vzduchem. Podle konkrétních podmínek uživatele, odvíjejících se od místa, kde je zařízení instalováno, je možno kombinovat tepelné čerpadlo s různými vstupními a výstupními variantami energie. [39]



Obr. 25: Schéma tepelného čerpadla [14]

Tepelná čerpadla fungují na principu 4 neustále se opakujících dějů: [40]

1. **VYPAŘOVÁNÍ:** V prvním výměníku chladicí kapalina odebírá teplo z okolního prostředí. Poté dál koloje v tepelném čerpadle a tím se odpařuje => mění skupenství na plyné.
2. **KOMPRES:** Ohřáté plyné chladivo je kompresorem prudce stlačeno díky čemuž dojde k nárustu tlaku a teploty na cca. 80°C.
3. **KONDENZACE:** Zahřáté chladivo pomocí druhého výměníku předá teplo vodě. Ta se potom oběhem v radiátorech ochladí se a zkondenzuje.
4. **EXPANZE:** Nakonec chladivo putuje skrz expanzivní ventil do prvního výměníku, kde se znova ohřeje.

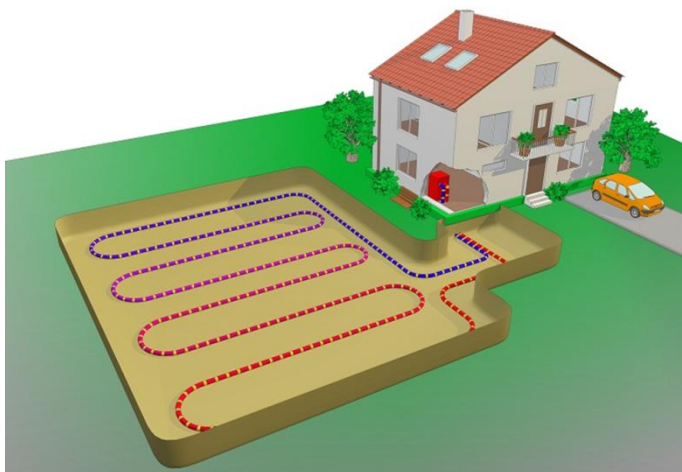
Dalším důležitým ukazatelem týkajícím se tepelných čerpadel je tzv. topný faktor, což je poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií pro pohon kompresoru. Čím vyšší topný faktor, tím je provoz tepelného čerpadla efektivnější. Různé typy tepelných čerpadel mají odlišné topné faktory, protože velmi záleží na zdroji, ze kterého tepelné čerpadlo získává energii. Pro srovnání jednotlivých tepelných čerpadel musím uvažovat topný faktor za stejných podmínek. [41]

## 2.6.2 TEPELNÁ ČERPADLA ZEMĚ/VODA

Tepelná čerpadla země/voda se dále dělá dle své konstrukce na:

**TEPELNÉ ČERPADLO ZEMNÍ KOLEKTOR- VODA:** Tepelné čerpadlo využívá odběru tepla z půdy (zemina od určité hloubky má stálou teplotu přibližně 4°C) za pomoci plastových trubek, které jsou umístěny přibližně 1 až 1,5 metru hluboko. Průtokem vhodné chladicí kapaliny těmito tzv. kolektory dojde k využití nízkopotencionálního tepla a kapalina se mírně zahřeje.

Výhodou tohoto typu čerpadla je nižší cena, poměrně příznivý topný faktor a jelikož není potřeba provádět žádné hluboké vrt, odpadají problémy s legislativou. Bohužel vzhledem k malé tepelné vodivosti zeminy je při požadavku na celoroční vytápění nutnost kopání na relativně velké ploše pozemku (pro vytápění běžného rodinného domu cca 250 m<sup>2</sup> a více). Navíc nad tepelnými kolektory nemůžeme stavět žádné budovy, co potřebují základy. [42] [43]



Obr. 26: Schéma plošného tepelného čerpadla [44]

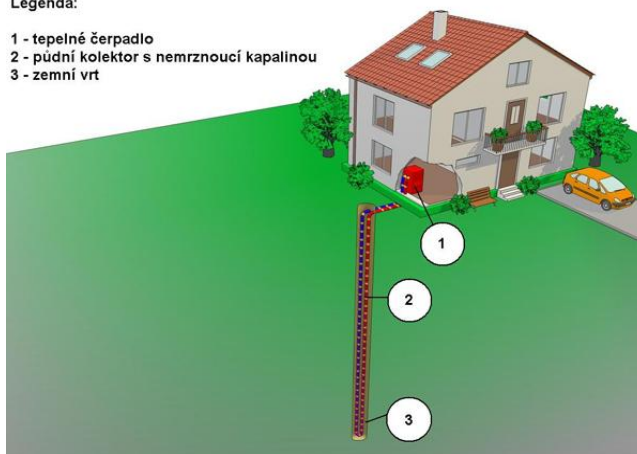
**TEPELNÉ ČERPADLO ZEMNÍ VRT – VODA:** Tam, kde není možno instalovat zemní kolektor je další alternativou svazek trubek uložit do hlubokých vrtů. Dle potřeby se hloubka vrtu volí od přibližně 50 – 150 m. Používá se i několik vrtů paralelně spojených. zzz



Velkou výhodou je stabilní a vyšší teplota, než v případě zemního kolektoru pod povrchem. Významný je i minimální požadavek na plochu pozemku. Vrt je také možné využít pro levné pasivní chlazení domu v letním období. Naopak nevýhodou jsou znatelně vyšší pořizovací náklady a problémy spojené s administrativou, neboť je třeba získat souhlas k vrtným pracem. [42] [43]

Legenda:

- 1 - tepelné čerpadlo
- 2 - půdní kolektor s nemrznoucí kapalinou
- 3 - zemní vrt



Obr. 27: Schéma vertikálního tepelného čerpadla [45]

### TEPELNÉ ČERPADLO VODNÍ PLOCHA – VODA:

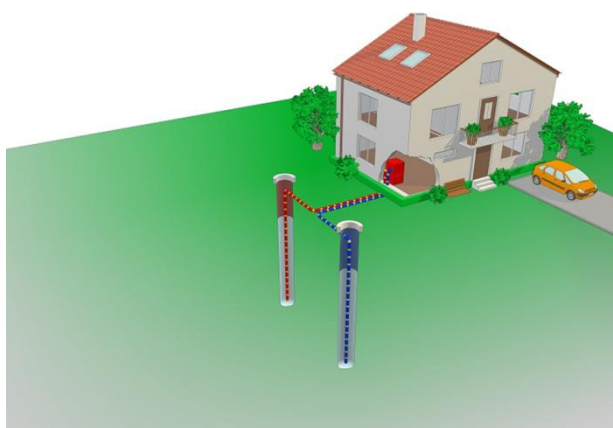
Svazek trubek je umístěn na dno rybníka, přičemž dochází k využívání tepla z vody, které se kontinuálně doplňuje ze země (dna). Mezi výhody patří nižší náklady na vybudování, protože je levnější instalace zařízení a díky dobrému konvekčnímu přenosu tepla ve vodě stačí menší plocha trubek. Nevýhodou je nutnost získat povolení od správce povodí a zvýšené riziko poškození trubek při povodni, výlovu rybníka či při jeho údržbě. Pro lidi žijící blízko vodní plochy může být tato varianta vhodným řešením při výběru otopného systému. [42], [43]



Obr. 28: Schéma tepelného čerpadla na dně rybníka [42]

### 2.6.3 TEPELNÉ ČERPADLO VODA/VODA

Tepelné čerpadlo se stává velmi lukrativní, když máme možnost odebírat teplo z vody, protože se eliminuje část tepelných ztrát tím, že je možno předávat teplo ve výměníku z čerpané vody přímo do chladiva (bez dlouhého okruhu s nemrznoucím roztokem). Toto řešení lze uplatnit pouze v případech, kdy je dům v blízkosti vhodného podpovrchového vodního zdroje s dostatečnou vydatností (např. studna, zavodněný vrt, podzemní štola s vodou a další), která bude mít vyhovující chemické složení, jenž nebude způsobovat zanášení výměníku. Čerpadlo funguje tak, že se voda čerpá ze studny (většinou klasickým ponorným čerpadlem), poté se v tepelném výměníku



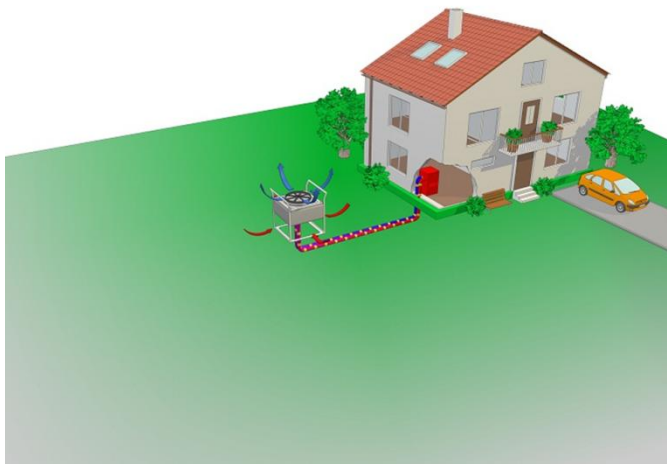
Obr. 29: Schéma tepelného čerpadla založeného na systému voda/voda [45]

ochladí a vrací se zpět do podloží. Za tímto účelem je třeba ještě zhotovit vsakovací studnu v dostatečné vzdálenosti, protože voda nesmí prosakovat zpět do sací studny. Teplota vody ve studni musí být vysoká do té míry, aby ji bylo možno ochlazovat bez nebezpečí zamrznutí.

Výhodou tohoto zařízení je nižší pořizovací cena v porovnání s vrty nebo zemním kolektorem a velmi vysoký topný faktor (ten roste s rostoucí teplotou spodní vody). Je však velmi těžké dosáhnout požadavky na kvalitu vody respektive vodního zdroje. Pro běžný rodinný dům musí mít zdroj vody stálou vydatnost přibližně 40 - 50 l/. Místa, která tuto podmínku splňují, jsou poměrně vzácná. Zařízení také potřebuje pravidelnou údržbu a je náchylnější na poruchy. [42] [43]

#### 2.6.4 TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH/VODA

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z venkovního vzduchu, který je velmi univerzální zdroj tepla. Vzduch je nasáván přímo do tepelného čerpadla a získané teplo je použito pro ohřev vody v topném systému nebo v zásobníku teplé vody. Tyto zařízení vynikají velmi jednoduchou instalací, nízkými pořizovacími náklady a ekonomickým provozem. Mohou také sloužit jako klimatizace a k odvlhčování a čištění vzduchu, což je velmi přínosné pro tepelnou pohodu a lidské zdraví. Hlavní nevýhodou je, že teplota venkovního vzduchu v období, kdy potřebujeme nejvíce tepla na vytápění, je velmi nízká. Tím pádem klesá topný faktor a účinnost zařízení. Při velmi nízkých teplotách může na zařízení vznikat i námraza. Negativem je také určitá hlučnost spojená s provozem masivního venkovního ventilátoru. [42] [43]



Obr. 30: Schéma tepelného čerpadla založeného na systému vzduch/voda [45]

#### TEPELNÉ ČERPADLO VYUŽÍVAJÍCÍ ODPADNÍ VZDUCH

Zajímavým a efektivním řešením může být tepelné čerpadlo využívající odpadní vzduch. Zařízení využívá teplo z vypouštěného vnitřního vzduchu z budovy (v rámci rekuperační větrací jednotky) a předává ho do topné vody. Jelikož je tento vzduch podstatně teplejší než venkovní, má výrazně vyšší topný faktor. Tento druh čerpadla bývá využíván v komplexních systémech pro řešení vytápění, větrání a ohřev u moderních budov. [42] [43]

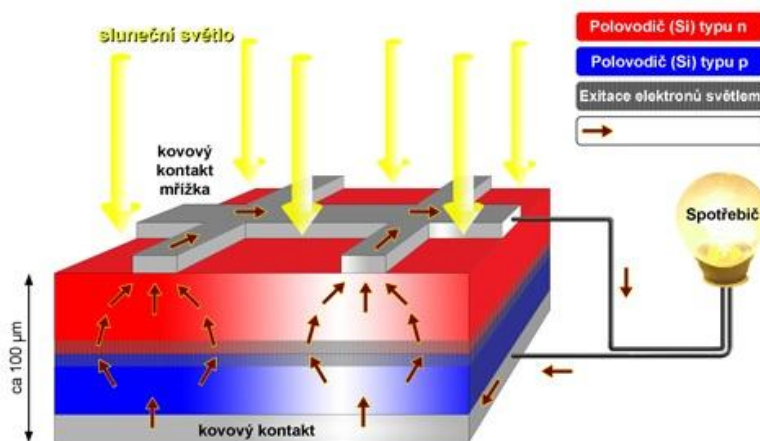
## 2.7 SOLÁRNÍ SYSTÉMY

Solární systémy využívající sluneční energii máme dvojího druhu. Jedná se o fotovoltaické – přeměňují sluneční záření na elektrickou energii za pomoci polovodičových fotodiód, jenž se nazývají fotovoltaické články - a fototermické – přeměňují sluneční záření na teplo za pomoci termických kolektorů. Obě tyto technologie se používají k vytápění (většinou v kombinaci s dalším topným zařízením) a k ohřevu TUV a bazénu.

### 2.7.1 FOTOVOLTAIKA

Fotovoltaická technologie původně vznikla, jako řešení problému napájení družic v kosmu. Postupem času se vyvinula a došlo k jejímu běžnému používání.

**FOTOVOLTAICKÝ ČLÁNEK** je v podstatě polovodičová dioda. Jeho základem je tenká křemíková destička s vodivostí typu P, na které se při výrobě vytvoří tenká vrstva polovodiče typu N, přičemž obě vrstvy jsou odděleny tzv. P-N přechodem. Osvětlením článku vznikne v polovodiči vnitřní fotoelektrický jev v důsledku čehož se z krystalové mřížky uvolňují záporné elektrony a na přechodu P-N dochází k vytvoření elektrického napětí. Připojíme-li k článku pomocí vodičů spotřebič, začnou se kladné a záporné náboje vyrovnávat a obvodem začne procházet elektrický proud. Pro dosažení vhodného výkonu se jednotlivé články zapojují sériově či paralelně a sestavují se z nich fotovoltaické panely. [46] [47]



Obr. 31: Princip funkce fotovoltaického článku [48]

**FOTOVOLTAICKÉ PANELE** - pro aplikace v energetice jsou v současnosti vyráběny dva základní typy fotovoltaických panelů - krystalické a tenkovrstvé.

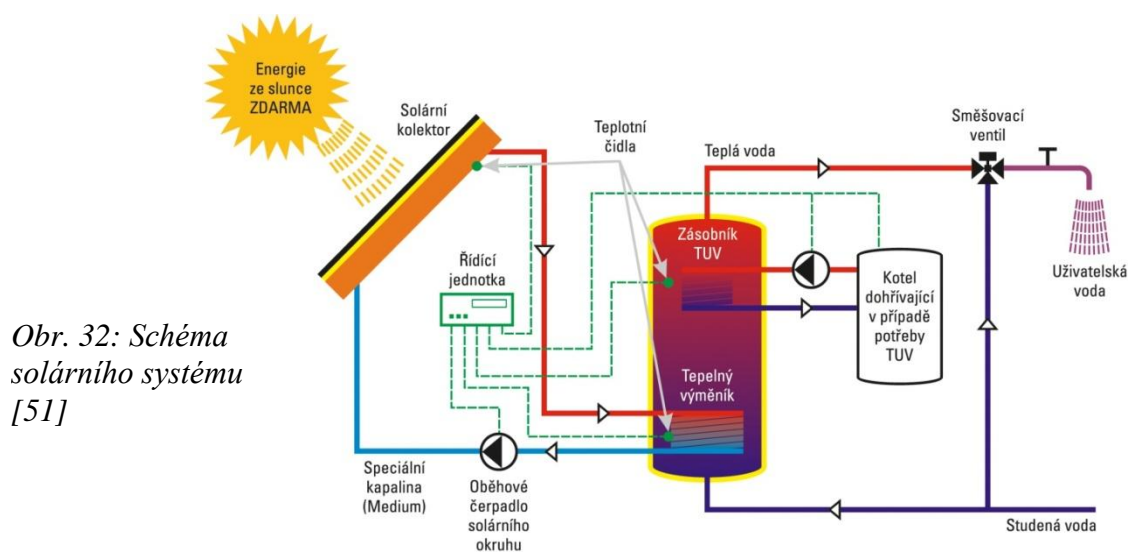
- **KRYSTALICKÉ PANELE** se skládají z jednotlivých článků vyrobených z křemíkových desek, které jsou ve výrobě elektricky propojeny a následně instalovány na nosné sklo. Jako materiál pro výrobu desek se nejčastěji používá křemík monokrystalický (sc-Si) nebo multikrystalický (mc-Si). [46] [47]
- **TENKOVRSŤVÉ PANELE** jsou vyráběny přímým nanášením funkčních vrstev na nosnou podložku, kterou může být sklo nebo plastová případně kovová fólie. Tenkovrstvé panely jsou označovány podle použitých polovodičových materiálů - a-Si (amorfni křemík),  $\mu$ c-Si (mikrokrystalický křemík) atd. Vyvíjeny jsou i další materiály na bázi světlocitlivých organických barviv a polovodičových polymerů, komerčně se však dosud neprosadily. [46] [47]

**STŘÍDAČ** - Ve fotovoltaických panelech je vyroben stejnosměrný proud, který se pro dodávku do sítě musí přeměnit na proud střídavý 230V / 400V, 50Hz. Za tímto účelem je

panely opatřeny tzv. střídačem (měničem), který je řídicím centrem celého systému. Střídač také reguluje napájení sítě a v případě jakékoliv poruchy v přenosové soustavě automaticky odpojí solární generátor od sítě a je schopen podávat informace o vyrobené energii a provozních stavech. [49]

### 2.7.2 FOTOTERMIKA

**SOLÁRNÍ SYSTÉM** - V České republice se zpravidla využívá dvouokruhových solárních systémů s nuceným oběhem teplosnosné látky (nejčastěji nemrznoucí směs složená z vody a propylenglykolu). Systém funguje tak, že kolektor přeměňuje sluneční energii na teplo, které je přenášeno teplosnosnou kapalinou do zásobníku (boileru), kde je ohřívána voda. Po předání tepla se teplosnosná kapalina vrací pomocí čerpadla zpět do kolektoru. Kompletní solární systémy se nejčastěji skládají z více prvků, viz obrázek [50]



Obr. 32: Schéma solárního systému [51]

Existuje mnoho typů solárních kolektorů např.: plochý nekrytý kolektor, plochý neselektivní kolektor, plochý selektivní kolektor, plochý vakuový kolektor, trubkový jednostěnný vakuový kolektor, trubkový dvojitěnný (Sydney) vakuový kolektor, soustředující (koncentrační) kolektor. Při jejich volbě se vychází samozřejmě z finančního hlediska a také požadavků dané lokace, kde má být systém umístěn. [52]

### 2.7.3 SROVNÁNÍ

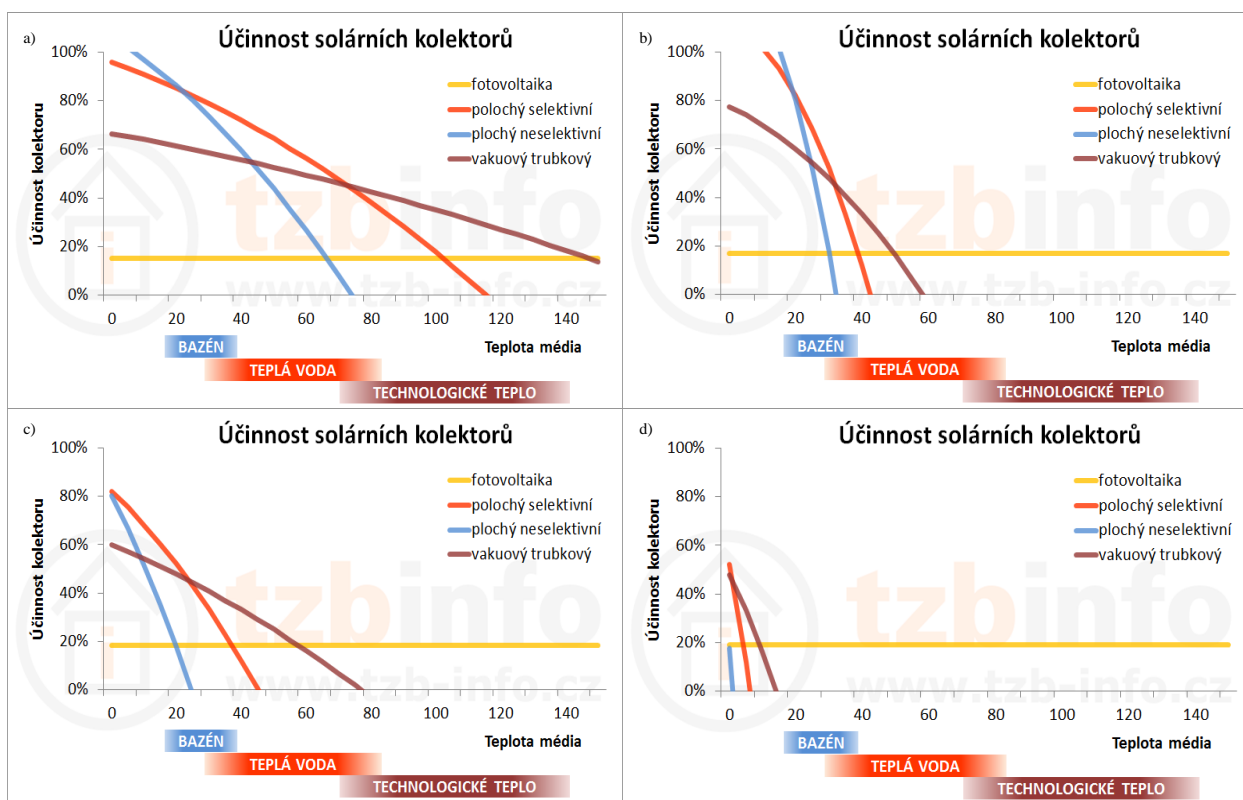
Donedávna byl všeobecně rozšířený názor, že termické solární systémy jsou mnohem ekonomičtější a efektivnější. Také u domácnosti měly a mají mnohem větší procento zastoupení. Dnes, v době kdy se velmi progresivně vyvíjí fotovoltaika, vyvstává otázka, zda tomu tak opravdu je. Srovnání podle jednotlivých parametrů: [52]

- Plošná hmotnost: U fotovoltaických panelů se pohybuje přibližně od 10 do 20 kg/m<sup>2</sup>. U fototermických je to kolem 20 kg/m<sup>2</sup> a výše (nižší plošnou hmotnost mohou mít vakuové trubkové kolektory, které však nelze použít pro vytvoření střešní krytiny). Zatížení střešní konstrukce solárními tepelnými kolektory je tedy srovnatelné s fotovoltaickými panely respektive je mírně vyšší.
- Roční výnos energie: Závisí na množství dopadajícího slunečního záření a na průměrné roční účinnosti konverze slunečního záření na užitečnou energii (V ČR to je na 1 m<sup>2</sup> optimálně skloněné plochy 950 až 1150 kWh). Při těchto podmínkách je



vyprodukovaná energie fotovoltaického panelu v závislosti na typu 50 až 200 kWh/m<sup>2</sup> elektřiny ročně, zatímco u systému s termickými kolektory to je od 250 až do 400Wh/m<sup>2</sup>.

- **Cena:** U fotovoltaických panelů se ceny pohybují od 500 Kč/m<sup>2</sup> až do 5000 Kč/m<sup>2</sup>. Cena solárních tepelných kolektorů se pohybuje nejčastěji od 4500 do 6000 Kč/m<sup>2</sup>, v případě vakuových trubkových kolektorů i podstatně výše.
- **Životnost:** Životnost obou systému se pohybuje na podobné hranici, 30 až 40 let.
- **Účinnost:** Jedná se o parametr, který určuje, kolik lze z dané plochy získat energie. V letním období jsou z hlediska účinnosti výhodnější solární termické kolektory. Naopak v zimě, zejména při ohřevu na vyšší teploty, je účinnost termických kolektorů výrazně nižší (pod bodem mrazu kolektory většinou nejsou schopny ohřát teplotou kapalinu na vyšší teploty), než účinnost fotovoltaických panelů.



Obr. 33: Závislost účinnosti na teplotě média při: a) slunečném počasí během letních měsíců (intenzitě záření 800 W/m<sup>2</sup>) a teplotě okolí 25 °C; b) zatažené obloze během letních měsíců (intenzitě záření 200 W/m<sup>2</sup>) a teplotě 20 °C; c) slunečném počasí v zimních měsících (intenzitě záření 400 W/m<sup>2</sup>) a teplotě 0 °C; d) polojasno až zataženo během zimních měsíců (intenzitě záření 100 W/m<sup>2</sup>) a teplotě -5 °C. [53]

Osobně považuji fotovoltaické panely za lepší a efektivnější cestu do budoucna. O fototermické panely je třeba se více starat, řešit výměny teplotnosné kapaliny, přesně ji dimenzovat. Navíc v letních měsících se systém rychle ohřeje a domácnosti žádnou další potřebnou energii nedodává. Naopak se spotřebovává energie na provoz oběhového čerpadla. U fotovoltaiky, při nabití bojleru, je možnost přebytečnou energii vracet do sítě.

### 3 NÁVRH VYTÁPĚNÍ PRO MODELOVÝ DŮM

Základní otázkou při volbě vytápění je, jaký zdroj tepla o vhodném výkonu je pro vytápění daného rodinného domu ten nejlepší. Návrh vhodného topného systému závisí na celkové energetické náročnosti domu. Ta vychází z mnoha aspektů. Konstrukce a funkce objektu, počet obyvatel, požadovaná tepelná pohoda, ohřev TUV atd. Zásadní jsou také požadavky spotřebitele a jeho finanční prostředky.

Při návrhu vytápění se nejdříve musí spočítat tepelné ztráty objektu. Na základě zjištěných dat navrhne výhodné zařízení o vhodném výkonu. Dosažení vhodného výkonu je velmi důležité. Předimenzování vede k nadměrné spotřebě. Naopak při poddimenzování může dojít k neschopnosti dosáhnout tepelné pohody v zimních měsících.

#### 3.1 POPIS MODELOVÉHO DOMU

Popisovaný dům se nachází v obci Mašovice, okres Znojmo v Jihomoravském kraji. Objekt leží v nadmořské výšce 364 m a byl postaven v roce 2009. Jedná se o samostatně stojící jednopatrový rodinný dům na okraji Mašovic s přistavěnou garáží pro dva automobily, pod níž se nachází zapuštěný sklep. Dům je kompletně zateplen a jsou na něm instalována velmi úsporná okna. Dům je obýván 4 lidmi.

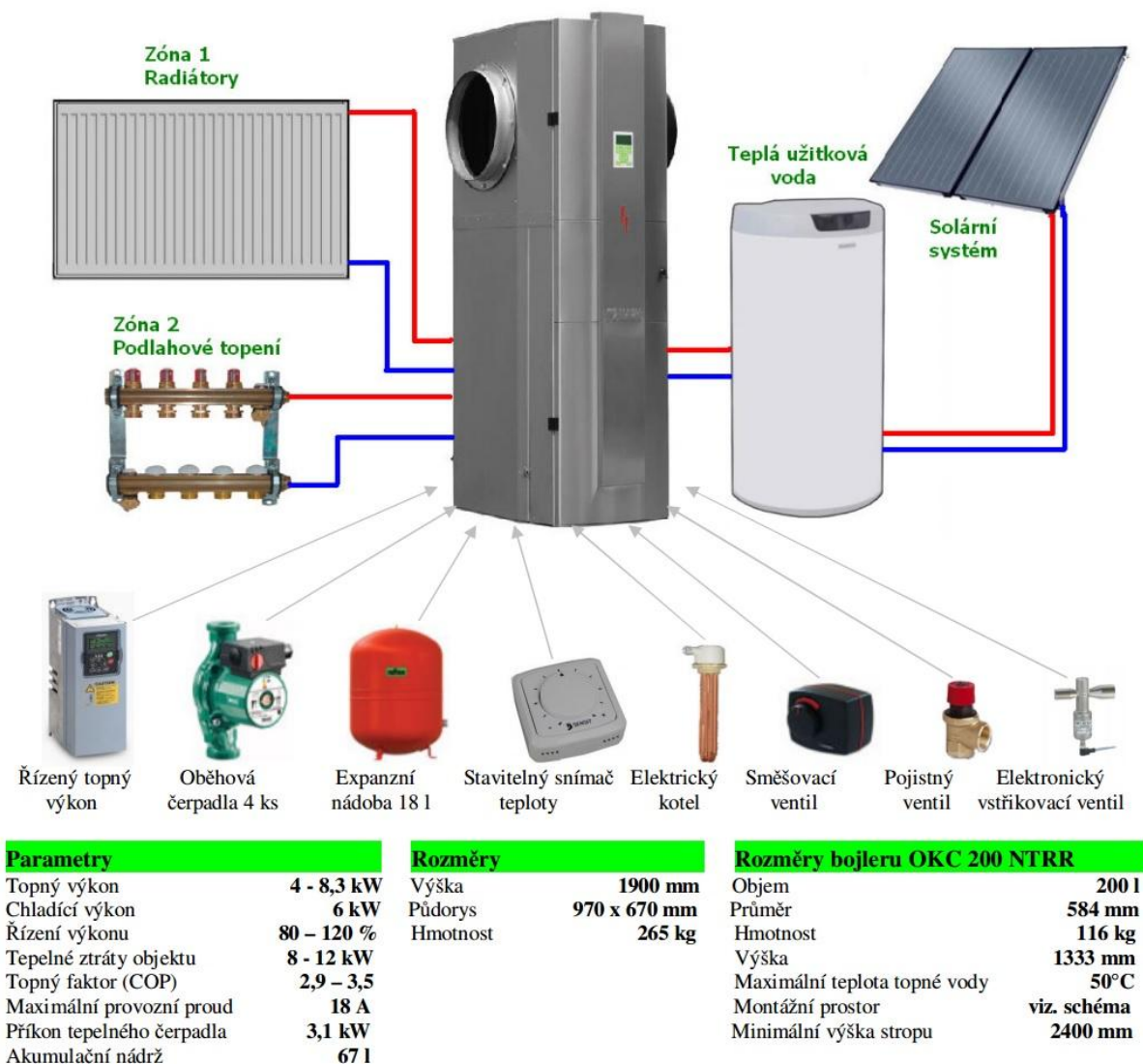


*Obr. 34: Přední část domu*



*Obr. 35: Zadní část domu*

Stávající vytápění včetně ohřevu TUV je realizováno tepelným čerpadlem vzduch/voda Mach in 8,3 od firmy TC MACH s.r.o. Topný výkon čerpadla se pohybuje od 4 – 8,3 kW přičemž výrobce garantuje účinnost zařízení pro domy s tepelnou ztrátou až 12 kW.



Obr. 36: Schéma zapojení tepelného čerpadla Mach in 8,3 včetně základních technických parametrů [54]

## 3.2 ENERGETICKÁ BILANCE MODELOVÉHO DOMU

### 3.2.1 VÝPOČET V RÁMCI PROGRAMU ZELENÉ ÚSPORÁM

Jelikož majitel RD si zažádal v rámci dotačního projektu Zelená úsporám o finanční příspěvek na tepelné čerpadlo, byl na dům vypracován odborný posudek zaměřený na zateplení a energetickou náročnost. Posudek zpracoval ing. Tomáš Hrňa za pomoci programu PROTECH – TOB, a TV. Při posudku byly použity tyto normy:

1. ČSN 730540 – 1
2. ČSN 730540 – 2
3. ČSN 730540 – 4
4. ČSN EN ISO 13790

Celková vnitřní podlahová plocha	<b>195,00</b> [m <sup>2</sup> ]
Měrná potřeba tepla na vytápění	<b>65,94</b> [kWh/m <sup>2</sup> .r]
Roční potřeba tepla na vytápění	<b>12857,90</b> [kWh/rok]
Předpokládaná spotřeba energie pro provoz tepelného čerpadla	<b>4285,90</b> [kWh/rok]
Roční potřeba tepla pro ohřev TUV	<b>6500,00</b> [kWh/rok]
Výše dotace	<b>100 000</b> [Kč]

Tab. 2: Souhrn vypočítaných hodnot stanovených posudkem [55]

### 3.2.2 VÝPOČET ZA POMOCÍ VOLNĚ DOSTUPNÝCH PROGRAMŮ

Pro zajímavost jsem se rozhodl porovnat výsledky stanovené z odborného posudku s výsledky, které se dají získat za pomoci volně dostupných zdrojů

**ONLINE KALKULAČKA „ENERGETICKÝ PORADCE“** – Pomocí kalkulačky volně dostupné na serveru [www.energetickyporadce.cz](http://www.energetickyporadce.cz) jsem stanovil energetické ztráty modelového domu. Tato kalkulačka využívá starší normu ČSN 73 0540-2, která se dnes již tak často nepoužívá, ale vzhledem k povaze výpočtu a vzhledem k tomu, že bez předchozích zkušeností jsem nějaké koeficienty mohl určit ne úplně dobře, bude na požadovanou přesnost výpočtu stačit.

Místnost	Rozloha místnosti [m <sup>2</sup> ]	Světlá výška místnosti [m]	Vnitřní teplota [°C]	Tepelné ztráty [W]
Obývací pokoj	32,8	2,55	20	1920
Kuchyň + jídelna	34	2,55	20	2140
Koupelna I.	8,3	2,55	24	380
Koupelna II.	11,5	2,55	24	620
Pokoj I.	12,8	2,55	20	620
Pokoj II.	13,6	2,55	20	770
Zádveří	6,5	2,55	15	250
Chodba	8,4	2,55	15	270
Pracovna	4,7	2,55	20	360
Ložnice	16,6	2,55	20	870
Celková ztráta objektu				<b>8200 W</b>

Tab. 3: Výpočet tepelných ztrát pomocí online kalkulačky [56]

**TABULKA Z PORTÁLU TZB-INFO** – Spotřebu tepla na vytápění a ohřev TUV jsem si určil pomocí tabulky volně dostupné na serveru [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). Dle zjištěných informací o modelovém domě a svého úsudku jsem se snažil stanovit opravné součinitele, účinnost systému atd.

**Lokalita (Tabulka)** ☐  $t_{em} = 12\text{ °C}$  ☒  $t_{em} = 13\text{ °C}$  ☐  $t_{em} = 15\text{ °C}$  ???

Město  Délka topného období  $d = 226$  [dny]

Venkovní výpočtová teplota  $t_e = -12\text{ °C}$  Prům. teplota během otopného období  $t_{es} = 3.9\text{ °C}$

---

☒ **Vytápění**

Teplotná ztráta objektu  $Q_c = 8.2$  kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota  $t_{is} = 18\text{ °C}$  ???

Vytápěcí denostupně  
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3187\text{ K.dny}$

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i = 0.8$  ???  $\eta_o = 0.98$  ???

$e_t = 0.8$  ???  $\eta_r = 0.96$  ???

$e_d = 1.00$  ???

Opravný součinitel  $\varepsilon$  ???

☒  $\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.64$

☐  $\varepsilon = 0.765$

$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} = \left\langle \begin{array}{l} 51.2\text{ GJ/rok} \\ 14.2\text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle$  **Náklady**

☒ **Ohřev teplé vody**

$t_1 = 10\text{ °C}$  ???  $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$  ???

$t_2 = 55\text{ °C}$  ???  $c = 4186\text{ J/kgK}$  ???

$V_{2p} = 0.328\text{ m}^3/\text{den}$  ???

Koeficient energetických ztrát systému  $z = 0.4$  ???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 24\text{ kWh}$

Teplota studené vody v létě  $t_{svl} = 15\text{ °C}$

Teplota studené vody v zimě  $t_{svz} = 5\text{ °C}$

Počet pracovních dní soustavy v roce  $N = 365$  [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 27.2\text{ GJ/rok} \\ 7.6\text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle$  **Náklady**

---

**Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody**

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 78.4\text{ GJ/rok} \\ 21.8\text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle$  **Náklady**

Tab. 4: Spotřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV [57]

### 3.2.3 ZHODNOCENÍ

Vypočítané hodnoty za pomoci volně dostupných programů z internetových serverů poměrně dobře korespondují s výsledky odborného posudku. V případě roční potřeby tepla na vytápění se liší řádově jen o 2 kW. V případě potřeby tepla na ohřev TUV je to dokonce jen 1100 kW. Internetové servery se tedy velmi účinně dají použít pro orientační výpočet při stanovení výkonu topného systému rodinného domu.

		Odborný výpočet (Zelená úsporám)	Výpočet pomocí volně dostupných zdrojů
Roční potřeba tepla pro ohřev TUV	[kWh/rok]	6500,0	7600,0
Roční potřeba tepla na vytápění	[kWh/rok]	12857,9	14200,0
Celková potřeba tepla	[kWh/rok]	<b>19357,9</b>	<b>21800,0</b>

Tab. 5: Porovnání spotřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV dle způsobů výpočtu

### 3.3 ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ MODELOVÉHO DOMU

Jelikož vytápění za pomoci spalování plynu – a to hlavně zemního plynu – je nejrozšířenějším způsobem vytápění domácností v ČR, rozhodl jsem se ostatní možnosti (včetně stávajícího topného systému) porovnávat právě s tímto druhem vytápění.

#### 3.3.1 PLYNOVÝ KOTEL

Jako plynovou alternativu jsem zvolil závěsný plynový kotel s ohřevem (průtokový ohřev) **TV VUW ecoTEC plus**. Celková účinnost je výrobcem udávána na 106%, tyto údaje jsou často skreslené a proto ve výpočtu budu uvažovat 99%. Kotel je vybaven elektronicky řízeným Thermo-Compact modulem vybavený nerezovým hořákem a ventilátorem s plynule regulovatelnými otáčkami pro optimální spalování. Ke kotli lze také připojit jak prostorové termostaty, tak i ekvitermní eBus regulaci v závislosti na venkovní teplotě. Díky těmto atributům dosahuje velmi úsporného provozu. Výkon lze regulovat od 4,2 do 24 kW.[58]

Pořizovací cena kotle je 46 900 Kč, cenu montáže uvažuji 4500 Kč. Celkové náklady  $I_{\text{PLYN}}$  tedy činí 51 400 Kč. Cena plynu dodávaná společností E-ON je 1189 Kč/MWh.

$$N_{\text{PLYN}} = \frac{Q_{\text{CELKOVÉ}}}{\eta_{\text{KOTEL}}} \cdot C_{\text{PLYN}} = \frac{19,3579}{1} \cdot 1189 = \mathbf{23017 \text{ Kč}}$$

$N_{\text{PLYN}}$	Roční náklady na vytápění objektu a ohřev TUV plynem	[Kč]
$Q_{\text{CELKOVÉ}}$	Množství energie potřebné na vytápění a ohřev TUV	[MWh]
$\eta_{\text{KOTEL}}$	Účinnost kotle	[-]
$C_{\text{PLYN}}$	Cena za plyn	[Kč/MWh]

#### 3.3.2 STÁVAJÍCÍ TOPNÝ SYSTÉM – TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH/VODA

Stávající topný systém je zajištěn pomocí již zmíněného tepelného čerpadla vzduch voda **Mach in 8,3** (technické parametry viz. Obr. 36.). Pořizovací cena zařízení včetně instalace byla 280 000 Kč. V rámci projektu zelená úsporám majiteli byla přidělena dotace ve výši 100 000 Kč. Konečné pořizovací náklady tedy byly 180 000 Kč. Předpokládaná spotřeba elektřiny na provoz tepelného čerpadla byla stanovena na 4285,9 kWh/rok. Díky tomuto údaji jsme schopni spočítat provozní náklady. Musíme však vzít v potaz, že při instalaci tepelného čerpadla dosahujeme na zvýhodněný elektrický tarif D56d. Elektřinu dodává firma E-ON u které stojí jedna kilowatthodina 1,50 Kč a cena za distribuci činí 58,08 Kč/měsíc.

$$N_{\text{TEPELNÉ}} = Q_{\text{ELEKTRINA}} \cdot C_{\text{ELEKTRINA}} + C_{\text{DISTRIBUCE}} \cdot 12 = 4285,9 \cdot 1,5 + 58,08 \cdot 12 = \mathbf{7126 \text{ Kč}}$$

$N_{\text{TEPELNÉ}}$	Roční náklady na vytápění objektu tepelným čerpadlem	[Kč]
$Q_{\text{ELEKTRINA}}$	Celkové množství elektrické energie na provoz TČ	[W]
$C_{\text{ELEKTRINA}}$	Cena za elektřinu	[Kč/MWh]
$C_{\text{DISTRIBUCE}}$	Cena za distribuci	[Kč/měsíc]

$$DN_{\text{TEPELNÉ}} = \frac{I_{\text{TEPELNÉ}}}{\dot{U}} = \frac{I_{\text{TEPELNÉ}} - I_{\text{PLYN}}}{N_{\text{PLYN}} - N_{\text{TEPELNÉ}}} = \frac{180000 - 51400}{23017 - 7126} = \mathbf{8,09 \text{ let}}$$

$DN_{\text{TEPELNÉ}}$	Doba návratnosti tepelného čerpadla	[rok]
$I_{\text{TEPELNÉ}}$	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]
$\dot{U}$	Úspora za jeden rok v porovnání se stávajícím systémem	[Kč]



### 3.3.3 AUTOMATICKÝ KOTEL NA UHLÍ

Jako alternativu na užívající k vytápění uhlí jsem zvolil automatický ocelový kotel **DRACO DUO**. Kotel je vybaven odolným litinovým retortovým hořákem. Palivo je dodávané ze zásobníku o objemu 180 nebo 280 litrů (záleží na volbě zákazníka) pomocí šneku. To poskytuje uživateli snadnou a časově méně náročnou obsluhu. Velké otvory v horní části přístroje umožňují rychlé a snadné čištění. Správný provoz je řízen elektronickým regulátorem ovládaným pomocí velkého displeje. Kotel umožňuje spalování uhlí, dřeva, ale i peletků a eko-hrášku. Výkon je možno regulovat od 4,2 do 15 kW a účinnost spalování je 82,5%. [59]

Výrobce udává celkovou cenu zařízení 56 060 Kč. Jako palivo uvažuji uhlí Ledvice o výhřevnosti 17,6 MJ/Kg. Cenu tohoto uhlí od dodavatele v blízkosti modelového domu jsem našel 3590 Kč/tuna. [60], [61]

$$x_{\text{UHLÍ}} = \frac{Q_{\text{CT}}}{\eta_{\text{KOTEL}} \cdot Q_{\text{UHLÍ}}} \cdot 100 = \frac{8200}{17,6 \cdot 82,5} \cdot 100 = \mathbf{565 \text{ Kg}}$$

$x_{\text{UHLÍ}}$	Roční spotřeba uhlí	[Kg]
$Q_{\text{CT}}$	Tepelná ztráta modelového domu	[W]
$\eta_{\text{KOTEL}}$	Účinnost kotle	[-]
$Q_{\text{UHLÍ}}$	Výhřevnost uhlí	[MJ/kg]

$$N_{\text{UHLÍ}} = \frac{Q_{\text{CELKOVÉ}}}{\eta_{\text{KOTEL}} \cdot Q_{\text{UHLÍ}}} x_{\text{UHLÍ}} \cdot C_{\text{UHLÍ}} = \frac{78,4 \cdot 10^9}{0,825 \cdot 17,6 \cdot 10^6} \cdot 0,565 \cdot 3590 \cdot 10^{-3} = \mathbf{9834 \text{ Kč}}$$

$N_{\text{UHLÍ}}$	Roční náklady na vytápění objektu uhlím	[Kč]
$C_{\text{UHLÍ}}$	Cena za uhlí	[Kč/tuna]

$$DN_{\text{UHLÍ}} = \frac{I_{\text{UHLÍ}}}{\dot{U}} = \frac{I_{\text{UHLÍ}} - I_{\text{PLYN}}}{N_{\text{PLYN}} - N_{\text{UHLÍ}}} = \frac{55060 - 51400}{23017 - 9834} = \mathbf{0,28 \text{ let}}$$

$DN_{\text{UHLÍ}}$	Doba návratnosti automatického kotle na uhlí	[rok]
$I_{\text{UHLÍ}}$	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]
$\dot{U}$	Úspora za jeden rok v porovnání se stávajícím systémem	[Kč]

### 3.3.4 AUTOMATICKÝ KOTEL NA PELETKY

Posledním srovnávaným systémem na vytápění je kotel na peletky **Woodpell**, který je určen k úspornému a ekologickému vytápění dřevními peletami v automatickém režimu s minimálními nároky na obsluhu kotle. Palivo je do hořáku dopravováno samospádem, propojení se zásobníkem je realizováno ohebnou propadovou hadicí. Modulační automatický regulátor ovládá činnost kotle včetně automatického zapalování (možnost ručního ovládání např. při uvádění kotle do provozu nebo krizovém režimu). Kotel poskytuje rozsah od 5,8 do 16 kW. Výrobce udává účinnost kotle 85%. [62]

Cena zařízení stanovená výrobcem včetně instalace je 67 700 Kč. Výhřevnost peletků uvažuji 18,7 MJ/kg a cenu při včasném nákupu mimo topnou sezónu se pohybuje okolo 5500 Kč/tuna. [63]

$$X_{PELETKY} = \frac{Q_{CELKOVÉ}}{\eta_{KOTEL} \cdot Q_{UHLÍ}} \cdot 100 = \frac{8200}{18,7 \cdot 85} \cdot 100 = \mathbf{487 \text{ Kg}}$$

$X_{PEL}$	Roční spotřeba pelet	[Kg]
$Q_{CT}$	Tepelná ztráta modelového domu	[W]
$\eta_{KOTEL}$	Účinnost kotle	[-]
$Q_{PEL}$	Výhřevnost pelet	[MJ/kg]

$$N_{PEL} = \frac{Q_{CELKOVÉ}}{\eta_{KOTEL} \cdot Q_{PEL}} X_{PEL} \cdot C_{PEL} = \frac{78,4 \cdot 10^9}{0,82 \cdot 18,7 \cdot 10^6} \cdot 0,487 \cdot 5500 \cdot 10^{-3} = \mathbf{13694 \text{ Kč}}$$

$N_{PEL}$	Roční náklady na vytápění objektu peletkami	[Kč]
$C_{PEL}$	Cena pelet	[Kč/tuna]

$$DN_{PEL} = \frac{I_{PEL}}{\dot{U}} = \frac{I_{PEL} - I_{PLYN}}{N_{PLYN} - N_{PEL}} = \frac{67700 - 51400}{23017 - 13694} = \mathbf{1,75 \text{ let}}$$

$DN_{PEL}$	Doba návratnosti tepelného čerpadla	[rok]
$I_{PEL}$	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]
$\dot{U}$	Úspora za jeden rok v porovnání se stávajícím systémem	[Kč]

### 3.3.5 ZHODNOCENÍ

Z hlediska nákladů spojených s provozem zařízení (vytápění RD) se jasně nejlepší jeví tepelné čerpadlo s částkou ve výši 7126 Kč za rok. Musíme však brát zřetel na velmi vysokou počáteční investici. Tento nepříznivý aspekt se snaží ČR pod záštitou EU eliminovat za pomoci dotačních programů (viz. Zelená úsporám). I tak je návratnost tepelného čerpadla poměrně dlouhá. Z hlediska pořizovacích nákladů je to trochu komplikovanější. Tepelná čerpadla jsou jasně nejdražší. Avšak na trhu se nachází velké množství typů kotlů, ať už se jedná o kotle na dřevo, uhlí nebo peletky. Obecně platí, že kotle na spalování uhlí patří k těm levnějším. Naopak kotle na peletky k těm dražším (Zde je však také možnost při splnění určitých podmínek dosáhnou finanční dotace od státu). Plynové kotle jsou v cenové relaci někde na pomezí. Ceny jsou však dosti individuální a velmi se liší.

Každý způsob vytápění má tedy své pro a proti a ani o jednom nelze říct, že je jednoznačně nejlepší nebo nejhorší. Nejčastěji tedy rozhoduje subjektivní pocit uživatele, o který typ zařízení má dotýčný zájem. Může také rozhodovat ekologie nebo především komfort. Ten je často rozhodující. Z hlediska komfortu je pro spotřebitele nejpriznivější plynový kotel nebo tepelné čerpadlo. Odpadají zde starosti spojené s pořízováním a přikládáním paliva.

Typ paliva	Zařízení na vytápění	Výkon [kW]	Investiční náklady [Kč]	Náklady na vyt. [Kč]	Návratnost [let]
<b>Plyn</b>	TV VUW ecoTEC plus	4,2 - 24	<b>51 400</b>	23 017	-
<b>Tepelné čerpadlo</b>	Mach in 8,3	4 - 8,3	180 000 (280 000)	<b>7126</b>	8,09
<b>Uhlí</b>	DRACO DUO	4,2 - 15	56 060	9834	<b>0,28</b>
<b>Peletky</b>	Woodpell	5,8 - 16	67 700	13 694	1,75

Tab. 6: Porovnání jednotlivých systémů vytápění



## ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo shrnout poznatky týkající se moderních trendů ve vytápění rodinných domů. V současnosti je kladena velká pozornost na ekonomiku a ekologii celého procesu, což v minulosti nebývalo zvykem. V neposlední řadě, je zde také úsilí docílit větší energetické nezávislosti a to jak v českém, tak i v evropském měřítku. Prodej a distribuce primárních energetických surovin se dosti odvíjí od politické situace ve světě. Ta je bohužel velmi nestabilní.

Je zde tedy snaha zvýšit efektivitu stávajících běžně užívaných způsobů vytápění – plyn, uhlí a jiné fosilní paliva – ale také snaha více rozšířit využívání obnovitelných zdrojů energie – tepelná čerpadla, fotovoltaika, fototermika a jiné. Rozmach obnovitelných zdrojů energie není však tak rychlé, jak by si mnozí přáli. Stát potažmo celá EU se sice snaží tato ekologičtější řešení podpořit řadou dotací a různých zvýhodnění, ale nepříznivých faktorů je zde pořád mnoho. Hlavním z nich je výše počáteční investice. Například u tepelných čerpadel se cena pohybuje řádově ve statisících a jejich návratnost i při dostání dotace málo kdy klesne pod hranici 8 let. To si řada lidí při své finanční situaci nemůže dovolit. I přesto je tohle podle mě jedna z cest do budoucnosti. Při neustálém technickém pokroku je jen otázka času, než se tyto technologie zdokonalí, rozšíří a stanou běžně dostupnými.

Velmi důležitá je i volba vhodné varianty topného systému. Ta se odvíjí od povahy objektu, který bude vytápět. Dá se říci, že každý dům je jedinečný. Je tedy nutné zvážit mnoho okolností při volbě vytápění. Systém je třeba vhodně nadimenzovat podle celkové energetické náročnosti domu. Ta vychází z mnoha aspektů. Konstrukce a funkce objektu, počet obyvatel, požadovaná tepelná pohoda, ohřev TUV atd. Dosažení vhodného výkonu je velmi důležité. Předimenzování vede k nadměrné spotřebě. Naopak při poddimenzování může dojít k neschopnosti dosáhnout tepelné pohody v zimních měsících. Velmi důležitým požadavkem je také dosažení určitého komfortu. Uživatel se totiž často rozhoduje i podle toho, zda je systém schopen pracovat zcela samostatně, popřípadě kolik času mu obsluha zařízení zabere. Například u plynových kotlů respektive tepelných čerpadel je provoz zcela automatizován. U kotlů na tuhá paliva a to i u těch automatizovaných je nutná obsluha obvykle jednou za den nebo dva dny.

V druhé části mé bakalářské práce jsem se zaměřil na návrh vytápění pro zvolený modelový dům. V rámci dotačního programu Zelená úsporám, byl na dům zpracován odborný posudek zaměřený na energetická bilance daného objektu. Celková spotřeba energie na vytápění a ohřev TUV byla vypočtena na 19,3579 MWh za rok. Pro zajímavost jsem se rozhodl porovnat výsledky stanovené posudkem s výsledky, které se dají získat za pomoci volně dostupných internetových serverů.

Prvním krokem bylo určení tepelné ztráty objektu. Tu jsem stanovil pomocí kalkulačky volně dostupné na serveru [www.energetickyporadce.cz](http://www.energetickyporadce.cz). Jedná se o jednoduchý a přehledný výpočtový program ve formě dotazníku, do kterého se vyplní technická data o stavebních konstrukcích – skladba a rozměry stěn, atd. Výstupem aplikace je výpočet výše tepelných ztrát jednotlivých místností. Vypočítaná hodnota celkové tepelné ztráty objektu mi vyšla 8,2 kW. V dalším kroku jsem určil spotřebu tepla na vytápění a ohřev TUV pomocí tabulky opět volně dostupné na serveru [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). Dle zjištěných informací o modelovém domě a svého úsudku jsem se snažil stanovit opravné součinitele, účinnost systému atd. Celková spotřeba na vytápění a ohřev TUV mi vyšla 21,8 MWh za rok. Vzhledem k tomu, že se jedná o volně dostupné neplacené programy, a že bez předchozích zkušeností jsem nějaké

koeficienty mohl určit ne úplně dobře, vypočítané hodnoty poměrně dobře korespondují s výsledky odborného posudku. Internetové servery se tedy velmi účinně dají použít pro orientační výpočet při výběru a dimenzování topného systému.

V současné době je v modelovém domě vytápění realizováno tepelným čerpadlem vzduch-voda. Jako další alternativy jsem zvolil kotel na plyn, uhlí a peletky. Jelikož vytápění za pomoci spalování plynu – a to hlavně zemního plynu – je nejrozšířenějším způsobem vytápění domácností v ČR, rozhodl jsem se ostatní varianty včetně stávajícího topného systému porovnávat právě s tímto způsobem vytápění.

Z hlediska nákladů spojených s provozem zařízení (vytápění RD) se jasně nejlepší jeví tepelné čerpadlo s částkou ve výši 7126 Kč za rok. Musíme však brát zřetel na velmi vysokou počáteční investici. V důsledku toho je návratnost tepelného čerpadla dlouhá. Z hlediska ekonomiky provozu se velmi dobře jeví kotel na uhlí. Jeho pořizovací cena není vysoká a náklady na vytápění jsou nízké. Díky tomu má velmi krátkou návratnost, avšak jedná se o nejméně ekologické zařízení. Zajímavou variantou může být kotel na peletky. Náklady na pořízení a provoz jsou příznivé, emise vzniklé při spalování jsou minimální. Navíc při splnění daných podmínek v rámci různých dotačních programů je možno čerpat dotaci ve výši až 60 000 Kč. Z hlediska komfortu je pro spotřebitele nejpříznivější plynová kotel nebo tepelné čerpadlo. Odpadají zde starosti spojené s pořizováním a přikládáním paliva.

Každý způsob vytápění má tedy své klady a zápory a ani o jednom nelze jednoznačně říct, že je nejlepší nebo nejhorší. Při výběru topného systému tedy kromě již zmíněných atributů rozhoduje také subjektivní pocit uživatele. Já preferuji zdroje obnovitelné energie a to především tepelná čerpadla a solární systémy. Myslím si, že energie získaná ze země a slunce má obrovský potenciál do budoucna.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Můj dům . Nízkoenergetický nebo pasivní dům - pro a proti. [Online]. [Citace: 12.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://mujdum.pise.cz/11-nizkoenergeticky-nebo-pasivni-dum-pro-a-proti-1.html>>.
- [2] Nízkoenergetický dům po dvou letech. [Online]. [Citace: 12.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <[http://bydleni.idnes.cz/nizkoenergeticky-dum-po-dvou-letech-mnohe-by-dnes-majitel-udelal-jinak-1z4-/dum\\_osobnosti.aspx?c=A101112\\_165219\\_dum\\_osobnosti\\_rez](http://bydleni.idnes.cz/nizkoenergeticky-dum-po-dvou-letech-mnohe-by-dnes-majitel-udelal-jinak-1z4-/dum_osobnosti.aspx?c=A101112_165219_dum_osobnosti_rez)>
- [3] TZBinfo. Tepelná pohoda a nepohoda. [Online] , [Citace: 12.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: < <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>>.
- [4] Infračervené topné systémy. [Online]. [Citace: 12.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: < <http://www.infrazaric.cz/cz/charakteristika/>>.
- [5] Klíčové indikátory životního prostředí ČR. [Online]. [Citace: 12.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1566>>.
- [6] Plynový kotel. [Online]. [Citace: 14.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://plynovykotel.cz/galerie/photo/17>>.
- [7] Plynové kotle. [Online]. [Citace: 14.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.plynovekotle.org/>>.
- [8] Plynový kotel . Kondenzační plynové kotle. [Online]. [Citace: 14.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://plynovykotel.cz>>.
- [9] E-teplo, Hagas servis s.r.o. [Online]. [Citace: 14.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: < <http://www.e-teplo.cz/plynovy-stacionarni-kotel-viessmann-vitogas-200-f-18-kw-s-regulaci-kc4-vitocell-10-v-160-litru.html> >.
- [10] Kotle plynové závěsné – beztarostné topení plynem . [Online]. [Citace: 14.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove/zavesne.php>>.
- [11] Kotle plynové kondenzační - ekologie a vysoká účinnost topení. [Online] , [Citace: 15.prosinec.2013]. Dostupné z WWW: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynove/kondenzacni.php>>.
- [12] TZBinfo. Topný olej – efektivní, ekologické, bezpečné a cenově dostupné palivo. [Online]. [Citace: 25.leden.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/5680-topny-olej-efektivni-ekologicke-bezpecne-a-cenove-dostupne-palivo>>.
- [13] TZBinfo. Vytápění rodinných domů topným olejem II. [Online]. [Citace: 25.leden.2014]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/6999-vytapani-rodinnych-domu-topnym-olejem-ii>>.
- [14] Hestia encyklopedie. Zdroje tepla pro vytápění. [Online]. [Citace: 25.leden.2014]. Dostupné z WWW: < <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/6.htm#6> >.

- [15] TZBinfo. Vytápění rodinných domů topným olejem II. [Online]. [Citace: 25.leden.2013]. Dostupné z WWW: < <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/6831-vytapani-rodinnych-domu-topnym-olejem-i> >.
- [16] Topení-kořínek. Stacionární litinový olejový kotel. [Online]. [Citace: 25.leden.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.topeni-korinek.cz/kotle-na-olej/kotle-na-lto/71-gn-1-03-stacionarni-lit-olejovy-kotel.htm>>.
- [17] TZBinfo. Vytápění rodinných domů topným olejem III. [Online]. [Citace: 25.leden.2014]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/7137-vytapani-rodinnych-domu-topnym-olejem-iii>>.
- [18] J.D.T.T. Topenářská technika [Online]. [Citace: 2.únor.2014]. Dostupné z WWW: <[http://www.jdtt.cz/web-data/product-img/Kotel-na-tuha-paliva-Dakon-Dor-25-MAX\\_47-1.jpg](http://www.jdtt.cz/web-data/product-img/Kotel-na-tuha-paliva-Dakon-Dor-25-MAX_47-1.jpg)>.
- [19] TZBinfo. Automatický kotel v-ling-25, perspektivní a ekologický zdroj tepla pro rodinné domy. [Online]. [Citace: 2.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/184-automaticky-kotel-v-ling-25-perspektivni-a-ekologicky-zdroj-tepla-pro-rodinne-domy>>.
- [20] Digiboss. Kamna FILEX H Thorma 5kW - černá. [Online]. [Citace: 2.únor.2014]. Dostupné z WWW: < <http://www.digiboss.cz/kamna-filex-h-thorma-5kw-cerna/d57413> >.
- [21] Energeticky. Vše o úsporách energií na jednom místě [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: < <http://www.energeticky.cz/88-topeni-biomasou.html> >.
- [22] Biom. Biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využit. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>.
- [23] REC shop. Dřevní štěrka. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.recshop.cz/zahrada/drevni-stepka/>>.
- [24] Biom. Biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využit. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>>.
- [25] TZBinfo. Brikety a peletky. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/peletky/9721-brikety-a-pelety-v-roce-2011>>.
- [26] Peletkárna Lysůvky. Brikety. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.peletylisuvky.cz/cz/product-cz/brikety-cz>>.
- [27] Kotle na biomasu Kotle na biomasu a tuhá paliva - co je to biomasa - jak vybírat kote. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: < <http://www.kotlenabiomasu.eu/> >.
- [28] Kamnářství Jaroslav Závacký. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.kamnarstvizaracky.cz/pokojova-kamna>>.

- [29] Fortell. Krby a kachlová kamna. [Online]. [Citace: 8.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.krby-fortell.cz/mramorovy-krb-11140>>.
- [30] TZBinfo. Varianty elektrického vytápění – rozdělení podle zdroje tepla. [Online]. [Citace: 14.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/10833-varianty-elektrickeho-vytapani-rozdeleni-podle-zdroje-tepla>>.
- [31] Boki – boki group. Podlahový konvektor. [Online]. [Citace: 14.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.bokigroup.cz/produkty/habitat/konvektory-infloor/podlahovy-konvektor-fpt/>>.
- [32] Sunnyhouse – teplo jinak a lépe. Infra panely – topné obrazy. [Online]. [Citace: 14.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.sunnyhouse.cz/>>.
- [33] Elektrické podlahové topení. Topné kabely. [Online]. [Citace: 14.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.podlahove-topeni.eu/topne-kabely-a6>>.
- [34] TZBinfo. Novinka od průkopníků v oboru kabelů pro elektrické vytápění. [Online]. [Citace: 14.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/10928-novinka-od-prukopniku-v-oboru-kabelu-pro-elektricke-vytapani>>.
- [35] Elektrická akumulční kamna. Topení elektrickými akumulčními kamny. [Online]. [Citace: 15.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.elektrickaakumulacnikamna.cz/>>.
- [36] Dimplex. Elektrické krba – vzduchové clony. [Online]. [Citace: 15.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://topeni-dimplex.cz/akumulacni-kamna-a22>>.
- [37] Dražice. Charakteristika akumulční nádrže. [Online]. [Citace: 17.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojlery/akumulacni-nadrze>>.
- [38] Bydlení – internetový magazín o bydlení. Využití sluneční energie. [Online]. [Citace: 17.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.bydleni.cz/clanek/Vyuziti-energie-Slunce>>.
- [39] Ekologické zdroje vytápění. [Online]. [Citace: 17.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.ezv.cz/stranka-tepelna-cerpadla-obecne-5>>.
- [40] Mastertherm – česká tepelná čerpadla pro Evropu. Jak fungují tepelná čerpadla. [Online]. [Citace: 19.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-cerpadla>>.
- [41] EZV - Ekologické zdroje vytápění. Tepelná čerpadla – základní pojmy. [Online]. [Citace: 19.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.ezv.cz/stranka-zakladni-pojmy-4>>.
- [42] IVT – tepelná čerpadla. Typy tepelných čerpadel. [Online]. [Citace: 19.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>>.
- [43] Enwiweb. Druhy tepelných čerpadel. [Online]. [Citace: 23.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.enwiweb.cz/clanek/topeni/95270/druhy-tepelnych-cerpadel>>.

- [44] TZBinfo. Vybíráme tepelné čerpadlo. [Online]. [Citace: 23.únor.2014]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/8295-vybirame-tepelne-cerpadlo>>.
- [45] Energetický poradce PRE. Tepelná čerpadla. [Online]. [Citace: 3.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/vytapani/tepelna-cerpadla/zeme-voda/>>.
- [46] Profielektrika. Princip fotovoltaického článku. [Online]. [Citace: 3.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltaickeho-clanku/view>>.
- [47] TZBinfo. Fotovoltaika. [Online]. [Citace: 3.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>>.
- [48] Nemakej – ať slunko maká za tebe. Fotovoltaické elektrárny – fotovoltaický článek. [Online]. [Citace: 4.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-clanek.php>>.
- [49] Česká solární. Fotovoltaika – princip. [Online]. [Citace: 4.březen.2014]. Dostupné z WWW: <[http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika\\_princip.php](http://www.ceska-solarni.cz/fotovoltaika_princip.php)>.
- [50] EZV - Ekologické zdroje vytápění. Solární systémy. [Online]. [Citace: 5.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.ezv.cz/stranka-solarni-systemy-10>>.
- [51] Factorsolar. Sluneční energie a její využití. [Online]. [Citace: 8.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.factorsolar.cz/>>.
- [52] TZBinfo. Typy solárních kolektorů. [Online]. [Citace: 8.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>>.
- [53] TZBinfo. Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory? [Online]. [Citace: 8.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/10453-priprava-teple-vody-fotovoltaika-nebo-solarni-tepelne-kolektory>>.
- [54] Tepelná čerpadla Mach s.r.o. – Mach in 8,3. [Online]. [Citace: 19.březen.2014]. Dostupné z WWW: <[http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/pdf/mach-in/PL\\_IN\\_83.pdf](http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/pdf/mach-in/PL_IN_83.pdf)>.
- [55] ING. TOMÁŠ HRNŇA. *Posudek pro dotační program SFŽP na zateplení a ekologické vytápění domů: C.2 - Instalace tepelného čerpadla vzduch - voda bez invertoru do novostaveb*. Brno, srpen 2010.
- [56] Energetický poradce – kalkulačka tepelných ztrát. [Online]. [Citace: 27.březen.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.energetickyporadce.cz/cs/kalkulacky-energie/tepelne-ztraty/kalkulacka-tepelnych-ztrat/>>.
- [57] TZBinfo. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. [Online]. [Citace: 2.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>>.



- [58] Vaillant – Závěsný plynový kotel s ohřevem TUV. [Online]. [Citace: 3.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.vaillant.cz/zavesny-plynovy-kotel-s-ohrevem-tv-vuw-ecotec-plus-p290.html>>.
- [59] Centrum vytápění. Tekla draco duo 15 - automatický kotel. [Online]. [Citace: 5.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.centrumvytapani.cz/produkt/tekla-draco-duo-15-automaticky-kotel>>.
- [60] TZBinfo. Přehled cen uhlí a koksu. [Online]. [Citace: 5.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-uhli-a-koksu>>.
- [61] Uhelné sklady Jihlava – ceník zboží. [Online]. [Citace: 5.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.usjihlava.cz/cenik.php>>.
- [62] Topeni-prodej. Automaticky kotel Woodpell 5 cl. [Online]. [Citace: 6.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.topeni-prodej.cz/obchod-tzb/eshop/3-1-Kotle-na-tuha-paliva/210-3-Na-drevni-pelety/5/913-Automaticky-kotel-Woodpell-5-cl-bez-zasobniku-s-horakem-VIADRUS-a-regulaci-PUMA>>.
- [63] TZBinfo. Přehled cen peletek. [Online]. [Citace: 6.duben.2014]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-peletek>>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Příklad nízkoenergetického domu [2] .....	10
Obr. 2: Tepelná pohoda v závislosti na teplotách [4] .....	11
Obr. 3: Graf spotřeba paliv a energií v domácnostech v ČR [5] .....	12
Obr. 4: Plamen při hoření zemního plynu [6] .....	13
Obr. 5: Schéma stacionárního kotle [9] .....	14
Obr. 6: Schéma závěsného kotle [10] .....	14
Obr. 7: Schéma kondenzačního kotle [11] .....	15
Obr. 8: Olejový nízkoteplotní kotel [16] .....	17
Obr. 9: Olejový kondenzační kotel [17] .....	18
Obr. 10: Kombinace olejového kondenzačního kotle se solárními panely [17] .....	18
Obr. 11: Klasická kamna na uhlí [18] .....	19
Obr. 12: Podavač uhlí se šnekovým mechanismem [19] .....	20
Obr. 13: Klasická kamna [20] .....	20
Obr. 14: Závislost výhřevnosti dřeva na obsahu vody [14] .....	21
Obr. 15: Dřevní štěpka [23] .....	21
Obr. 16: Pelety z řepkové slámy [24] .....	22
Obr. 17: Dřevní válcové brikety [26] .....	22
Obr. 18: Kachlová kamna [28] .....	23
Obr. 19: Mramorový krb [29] .....	23
Obr. 20: Konvektor instalován v podlaze [31] .....	24
Obr. 21: Sálavý panel ve formě obrazu [32] .....	25
Obr. 22: Řez tepelným kabelem [34] .....	25
Obr. 23: Akumulační kamna [36] .....	26
Obr. 24: Schéma vytápění za pomoci akumulční nádrže [38] .....	26
Obr. 25: Schéma tepelného čerpadla [14] .....	27
Obr. 26: Schéma plošného tepelného čerpadla [44] .....	28
Obr. 27: Schéma vertikálního tepelného čerpadla [45] .....	29
Obr. 28: Schéma tepelného čerpadla na dně rybníka [42] .....	29
Obr. 29: Schéma tepelného čerpadla založeno na systému voda/voda [45] .....	29
Obr. 30: Schéma tepelného čerpadla založeno na systému vzduch/voda [45] .....	30
Obr. 31: Princip funkce fotovoltaického článku [48] .....	31
Obr. 32: Schéma solárního systému [51] .....	32
Obr. 33: Závislost účinnosti na teplotě média [53] .....	33
Obr. 34: Přední část domu .....	34
Obr. 35: Zadní část domu .....	34
Obr. 36: Schéma zapojení tepelného čerpadla Mach in 8,3 [54] .....	35

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Porovnání vývoje cen elektřiny a TOEL c ČR [13].....	16
Tab. 2: Souhrn vypočítaných hodnot stanovených posudkem [55] .....	36
Tab. 3: Výpočet tepelných ztrát pomocí online kalkulačky [56] .....	36
Tab. 4: Spotřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV [57] .....	37
Tab. 5: Porovnání spotřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV dle způsobů výpočtu.....	37
Tab. 6: Porovnání jednotlivých systémů vytápění.....	40

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

TOEL	Extra lehký topný olej	
TUV	Teplá užitková voda	
RD	Rodinný dům	
I <sub>PLYN</sub>	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]
N <sub>PLYN</sub>	Roční náklady na vytápění objektu a ohřev TUV plynem	[Kč]
Q <sub>CELKOVÉ</sub>	Množství energie potřebné na vytápění a ohřev TUV	[MWh]
η <sub>KOTEL</sub>	Účinnost kotle	[-]
C <sub>PLYN</sub>	Cena za plyn	[Kč/MWh]
N <sub>TEPELNÉ</sub>	Roční náklady na vytápění objektu tepelným čerpadlem	[Kč]
Q <sub>ELEKTŘINA</sub>	Celkové množství elektrické energie na provoz TČ	[W]
C <sub>ELEKTŘINA</sub>	Cena za elektřinu	[Kč/MWh]
C <sub>DISTRIBUCE</sub>	Cena za distribuci	[Kč/měsíc]
DN <sub>TEPELNÉ</sub>	Doba návratnosti tepelného čerpadla	[rok]
I <sub>TEPELNÉ</sub>	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]
Ú	Úspora za jeden rok v porovnání se stávajícím systémem	[Kč]
X <sub>UHLÍ</sub>	Roční spotřeba uhlí	[Kg]
Q <sub>CT</sub>	Tepelná ztráta modelového domu	[W]
Q <sub>UHLÍ</sub>	Výhřevnost uhlí	[MJ/kg]
N <sub>UHLÍ</sub>	Roční náklady na vytápění objektu uhlím	[Kč]
C <sub>UHLÍ</sub>	Cena za uhlí	[Kč/tuna]
DN <sub>UHLÍ</sub>	Doba návratnosti automatického kotle na uhlí	[rok]
I <sub>UHLÍ</sub>	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]
X <sub>PEL</sub>	Roční spotřeba peletek	[Kg]
Q <sub>CT</sub>	Tepelná ztráta modelového domu	[W]
Q <sub>PEL</sub>	Výhřevnost peletek	[MJ/kg]
N <sub>PEL</sub>	Roční náklady na vytápění objektu peletkami	[Kč]
C <sub>PEL</sub>	Cena peletek	[Kč/tuna]
DN <sub>PEL</sub>	Doba návratnosti tepelného čerpadla	[rok]
I <sub>PEL</sub>	Investice spojené s pořízením a instalací zařízení	[Kč]